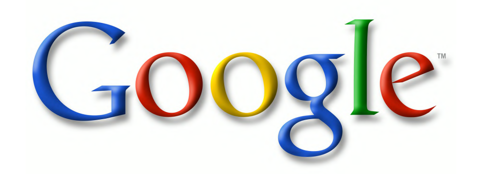






STRECKER

JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

III. JAHRGANG 1914

Jahrbuch
VGA

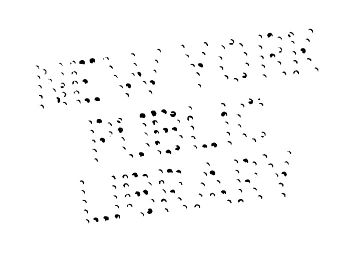
JAHRBUCH DER ELEKTROTECHNIK

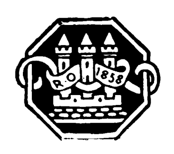
ÜBERSICHT ÜBER DIE WICHTIGEREN ERSCHEINUNGEN AUF DEM GESAMTGEBIETE DER ELEKTROTECHNIK

UNTER MITWIRKUNG ZAHLREICHER FACHGENOSSEN HERAUSGEGEBEN VON

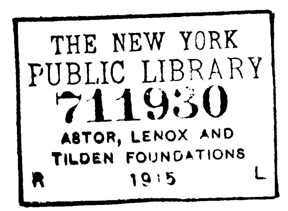
DR. KARL STRECKER

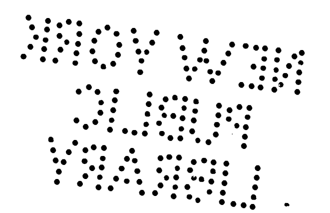
DRITTER JAHRGANG
DAS JAHR 1914





MÜNCHEN UND BERLIN 1915
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
711930
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1915 L



Vorwort.

Das Jahrbuch der Elektrotechnik stellt sich die Aufgabe, über die wichtigeren Ergebnisse und Vorkommnisse des abgelaufenen Jahres zusammenhängend zu berichten. Das große Gebiet ist nach dem aus dem Inhaltsverzeichnis zu ersehenden Plan in zahlreiche Abschnitte zerlegt, und es ist ein zahlreicher Stab Mitarbeiter gewonnen worden, deren jeder ein mit seiner Berufstätigkeit eng zusammenhängendes Gebiet zur Bearbeitung übernommen hat.

Der vorliegende Jahrgang umfaßt die Literatur vom 1. Januar bis 31. Dezember 1914. Infolge des Krieges konnte ein Teil der ausländischen Literatur, der während der zweiten Hälfte des Jahres erschienen ist, insbesondere französische, englische und belgische Zeitschriften, nicht berücksichtigt werden; dies wird im nächsten Jahrgang nachgeholt werden. Ein Verzeichnis der am häufigsten in den Literaturangaben angeführten Zeitschriften ist beigefügt worden.

Berlin, Mai 1915.

Strecker.

Inhaltsverzeichnis.

A. Elektromechanik.

B. Elektrochemie.

C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

Verzeichnis der wichtigsten Zeitschriften.

Abkürzung	Titel der Zeitschrift und Erscheinungsort	Im Jahre 1914 erschienene Bände	Erscheinen[1])
AEG-Ztg.	AEG-Zeitung (Berlin)	Jg 16, 17	m
Ann. Phys.	Annalen der Physik (Leipzig)	R 4, Bd 43, 44, 45	hm
Arch. El.	Archiv für Elektrotechnik (Berlin)	Bd 2, 3	j 12
Arch. Post Telegr.	Archiv für Post und Telegraphie (Berlin)	Jg 42	hm
Ber. D. Chem. Ges.	Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft (Berlin)	Jg 47	j 18
Berl. Ber.	Sitzungsberichte der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften (Berlin)	1914	w
Bull. Bur. Standards	Bulletin of the Bureau of Standards (Washington)	Bd 10,11	
Bull. Schweiz. El.V.	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (Zürich)	Jg 5	m
Bull. Soc. Belge d'El.	Bulletin de la société belge d'électriciens (Brüssel)	Bd 31	m
Bull. Soc. Internat. El.	Bulletin de la société internationale des électriciens (Paris)	R 3, Bd 4	m
C. R.	Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences (Paris)	Bd 158, 159	w
Chemikerztg.	Chemiker-Zeitung (Köthen)	Jg 38	w 3
El. Anz.	Elektrotechnischer Anzeiger (Berlin)	Jg 31	hw
El. Jl.	The Electric Journal (Pittsburg, USA. und Manchester, England)	Bd 11	m
El. Kraftbetr.	Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen (München und Berlin)	Jg 12	m 3
El. Masch.-Bau	Elektrotechnik und Maschinenbau (Wien)	Jg 32	w
El. Rev. (Chic.)	The Electrical Review and Western Electrician (Chicago)	Bd 64, 65	w
El. Rev. (Ldn.)	The Electrical Review (London)	Bd 74, 75	w
El. Rlwy. Jl.	Electric Railway Journal (New York)	Bd 43, 44	w
El. World	Electrical World	Bd 63, 64	w
Elchem. Zschr.	Elektrochemische Zeitschrift (Berlin)	Bd 20, 21	m
Electr. (Ldn.)	The Electrician (London)	Bd 72, 73, 74	w
Elettr. (Mil.)	L'Elettrotecnica (Mailand)	Bd 1	m 3
ETZ	Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin)	Jg 35	w
Gen. El. Rev.	General Electrical Review (New York)	Bd 17	m
Helios	Helios, Fach- und Export-Zeitschrift für Elektrotechnik (Leipzig)	Jg 20	w
J. Am. Chem. Soc.	Journal of the American Chemical Society (New York)	Bd 36	m

[1]) j, m, hm, w bedeuten jährlich, monatlich, halbmonatlich, wöchentlich; m 3 = monatlich 3 Hefte.

Abkürzung	Titel der Zeitschrift und Erscheinungsort	Im Jahre 1914 erschienene Bände	Erscheinen
J. Chim. Physique . .	Journal de Chimie Physique (Genf u. Paris) .	Bd 12	j 4
J. Inst. El. Eng. . . .	Journal of the Institution of Electrical Engineers (London)	Bd 52	hm
J. de Phys.	Journal de physique théorique et appliquée (Paris)	R 5, Bd 4	m
J. Télégr.	Journal télégraphique (Bern)	Bd 38	m
JB drahtl. Telegr. . .	Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie (Leipzig)	Bd 8, 9	j 8
Ill. Eng. (Ldn.) . . .	The Illuminating Engineer (London)	Bd 7	m
Lum. él.	La lumière électrique (Paris)	R 2, Bd 25, 26	w
Met. Chem. Eng. . .	Metallurgical and Chemical Engineering (New York)	Bd 12	m
Meteor. Z.	Meteorologische Zeitschrift (Braunschweig) . .	Bd 31	m
Mitt. BBC.	Mitteilungen von Brown, Boveri & Co. (Mannheim)	Jg 1	m
Mitt. BEW.	Mitteilungen der Berliner Elektrizitätswerke (Berlin)	Jg 7	m
Mitt. S u. H.	Mitteilungen von Siemens & Halske (Berlin) .	Jg 1, 2	m
Mitt. Ver. EW. . . .	Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke (Dresden)	Jg 13	m
Naturwiss..	Die Naturwissenschaften (Berlin)	Bd 2	w
Phil. Mag.	The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science (London)	R 6, Bd 27, 28	m
Phys. Rev.	The Physical Review (Lancaster u. Ithaca) . .	R 2, Bd 3, 4	m
Phys. Z.	Physikalische Zeitschrift (Leipzig)	Jg 16	hm
Proc. Am. Inst. El. Eng.	Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers (New York)	Bd 33	j 12
Proc. Roy. Soc. Ldn. .	Proceedings of the Royal Society of London (London)	Reihe A Bd 89, 90	
Schweiz. Bauztg. . .	Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	Bd 63, 64	w
Telegr.- u. Fernspr.-Techn.	Telegraphen- und Fernsprechtechnik (Berlin) .	Jg 2, 3	hm
Verh. D. Phys. Ges. .	Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (Braunschweig)	Jg 16	j 24
Wien. Anz.	Anzeiger der Kais. Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse (Wien)	1914	
Wien. Ber.	Sitzungsberichte der Kais. Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse, Abt. IIa (Wien)	Bd 123	j 10
Z. angew. Chem. . . .	Zeitschrift für angewandte Chemie (Leipzig) . .	Bd 27	hm
Z. anorg. Chem. . . .	Zeitschrift für anorganische Chemie (Hamburg und Leipzig	Bd 84—89	
Z. Beleucht.	Zeitschrift für Beleuchtungswesen, Heizungs- u. Lüftungstechnik (Berlin)	Jg 20	m 3
Z. Elchemie	Zeitschrift für Elektrochemie (Halle a. S.) . .	Bd 20	hm
Z. Instrk.	Zeitschrift für Instrumentenkunde (Berlin) . .	Jg 34	m
Z. phys. Chem.. . . .	Zeitschrift für physikalische Chemie (Leipzig) .	Bd 85—87	j 18
Z. Ver. D. Ing.	Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (Berlin)	Bd 58	w

Sonstige Abkürzungen.

DRP, EP, FP, USP: Deutsches, englisches, französisches, amerikanisches Patent.
R, Bd, Jg: Reihe, Band, Jehrgang.
JB 1912, 1913: Jahrbuch der Elektrotechnik, Jahrgang 1912, 1913.
AEG, BBC, BEW, H & B, S & H, SSW: Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft; Brown, Boveri & Co.; Berliner Elektrizitätswerke; Hartmann & Braun; Siemens & Halske; Siemens-Schuckertwerke.

I. Allgemeines.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1914. Von Prof. Dr. Otto Edelmann, Nürnberg. — Vereinswesen und Kongresse. Von Generalsekretär Georg Dettmar, Berlin. — Bildungswesen. Von Prof. Dr. Joseph Epstein, Frankfurt a. M. — Sozial-Technisches. Von Oberingenieur Karl Seidel, Berlin. — Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik. Von Justizrat Zimmer, Berlin. — Technisch-Wirtschaftliches. Von Syndikus Dr. Fr. Fasolt, Berlin. — Technische Vorschriften und Normalien. Von Generalsekretär Georg Dettmar, Berlin.

Die elektrischen Ausstellungen des Jahres 1914.

Von Prof. Dr. O. Edelmann.

Der diesmalige Bericht ist in besonders hohem Maße durch den Krieg beeinträchtigt. Viele Ausstellungen, die für die zweite Hälfte des Jahres beabsichtigt waren, sind unterblieben; doch waren sichere Nachrichten hierüber nicht in allen Fällen zu erlangen.

Deutschland.

Eine große Elektrizitätsausstellung hat in Deutschland nicht stattgefunden. Die in **Frankfurt** geplante Fachausstellung, die vom 15. August bis 6. September sein sollte, ist infolge des Krieges unterblieben. Die Frankfurter Ausstellung sollte übrigens im Gegensatz zu der großen universellen elektrischen Ausstellung des Jahres 1891 sich nur auf folgende Gebiete beschränken: Elektrizität in Wohnung und Haushalt, in Kleingewerbe und Handwerk, in der Reproduktionstechnik und endlich in Hygiene, Medizin und Chirurgie. Es sollten auch belehrende Vorträge abgehalten werden. — Dem vorjährigen Bericht ist noch ergänzend nachzutragen, daß Ende 1913 in **Lübeck** eine Ausstellung für Gas und Elektrizität stattgefunden hat, welche der Belehrung des Publikums gewidmet war. — Für Deutschland sind für 1914 nur noch zwei Unternehmungen zu registrieren.

Berlin: Mitte April fand die Jubiläumsausstellung der Deutschen Röntgengesellschaft statt, bei der natürlich die Elektrizität und Elektrotechnik eine Hauptrolle spielte.

Leipzig: Wie im Vorjahre, so fand auch im Jahre 1914 eine große Fachausstellung in Leipzig statt, nämlich die Internationale Buchgewerbe-Ausstellung. Es scheint überhaupt, daß die großen internationalen Spezialausstellungen, die in letzter Zeit aufgekommen sind, sich noch wachsender Beliebtheit erfreuen. Sie sind jedenfalls vollständiger und bieten sowohl dem Fachmann wie dem Publikum mehr Wichtiges und Belehrendes als die großen, trotz ihrer Riesenhaftigkeit doch immer nur sehr lückenhaften Universalweltausstellungen; auf

den letzteren ist auch in der Regel die Zersplitterung größer, während die Fachausstellungen übersichtlichere Zusammenstellungen gestatten. Alle derartigen großen Fachausstellungen, so auch die Buchgewerbe-Ausstellung, pflegen auch dem Elektrotechniker viel Interessantes zu bieten. Dies ist vielleicht weniger darin begründet, daß dort für ihn besonders viel neues Elektrotechnisches zu sehen wäre, als vielmehr, weil er das Spezialfach, in welches die Anwendung der Elektrizität eingedrungen ist, genauer kennen und beurteilen lernt. Hierdurch erhält er auch manche Anregung, und manche neue Möglichkeit wird aufgetan. In der sehr umfangreichen und wohlgelungenen Buchgewerbe-Ausstellung in Leipzig war die Elektrotechnik in außerordentlichem Maße vertreten, so durch Einrichtungen zur Erzeugung und Umformung von Elektrizität, Maschinenantriebe, Beleuchtungs- und Heizanlagen und galvanische Bäder.

Kattowitz: Der Oberschlesische Elektrotechnische Verein hat eine Fachausstellung veranstaltet, die ursprünglich nur für das Berg- und Hüttenwesen bestimmt war. Jedoch hat das Unternehmen durch rege Beteiligung großer Firmen sich so entwickelt, daß auch eine gute Veranschaulichung für Handwerk, Haushaltung usw. geboten werden können. Der Besuch war so rege, daß sie bis 8. Februar verlängert werden mußte. — Ein Kuriosum war bei dieser Ausstellung insofern zu verzeichnen, als sie während ihrer Dauer in ein anderes Gebäude verlegt werden mußte. Mag eine Ausstellung noch so klein sein, so ist das immer eine bemerkenswerte Leistung, und hier hat es sich gar nicht einmal um eine so kleine Veranstaltung gehandelt.

Österreich-Ungarn:

Wien: Vom 21. November bis 20. Dezember hätte eine allgemeine Licht- und Wärmeausstellung stattfinden sollen, bei der natürlich auch die Elektrizität die dazukommende Rolle gespielt hätte.

Salzburg: Zu Pfingsten war eine landwirtschaftliche Ausstellung nebst Abteilung für Haus und Herd, bei der natürlich auch, wie immer, die Elektrizität zu Wort gekommen ist.

Trautenau in Böhmen: Der Verband Deutscher Elektriker Österreichs hat dort Mitte Mai eine elektrotechnische Fachausstellung abgehalten.

Krakau: Gelegentlich ihrer Hauptversammlung unternahm die Vereinigung Österreichischer und Ungarischer Elektrizitätswerke eine Ausstellung „Die Elektrizität im Kleingewerbe und Haushalt“.

Europäisches Ausland:

Bern: An der Spitze aller sonstigen europäischen ausländischen Veranstaltungen stand die Schweizer Landesausstellung. Die Schweiz ist das Land der Wasserkraft-Elektrizitätswerke und der elektrischen Bahnen. Die elektrotechnische Industrie des Landes basiert großenteils auf diesem Umstand, und das kam auch auf dieser Ausstellung besonders zum Ausdruck. Die von den schweizerischen Firmen auf der Ausstellung gebotene Auswahl elektrischer Fahrzeuge dürfte in ähnlicher Mannigfaltigkeit noch auf keiner Ausstellung zu sehen gewesen sein. Auch die in der Schweiz besonders wichtige Hochspannungstechnik war in reichlichem Maße vertreten. Außer den beiden weltbekannten Schweizer Großfirmen waren auch eine Reihe sehr beachtenswerter Spezialfirmen zugegen. Es wurden unter anderem Prüfungstransformatoren mit 500000 V im Betrieb vorgeführt. — Der Berichterstatter der Elektrotechnischen Zeitschrift schrieb: „Speziell die Elektrotechnik und die Maschinenindustrie im allgemeinen wurden durch die Verhältnisse in der Schweiz auf eine Höhe gebracht, daß sich das kleine Land in dieser Beziehung ohne jede Unbescheidenheit auf gleiche Stufe mit seinen großen Nachbarn stellen darf.“ — Die Entwicklung der Elektrotechnik in der Schweiz wurde durch die Ausstellungsräume des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins veranschaulicht. Auch historische

Gegenstände waren da mit ausgestellt. Bei der ungemein raschen Entwicklung der Elektrotechnik kann man ganz gut Dinge, die erst ein Menschenalter zurückliegen, schon als historisch, man möchte fast sagen, als antik bezeichnen.

Holland hatte zwei elektrische Ausstellungen, beide je aus Anlaß der bevorstehenden Eröffnung einer Zentrale. Die eine vom 24. Juni bis 8. Juli in **Deventer,** die andere in **Groningen.** Es war, wie sich schon aus der Veranlassung ohne weiteres ergibt, die Anwendung der Elektrizität als Beleuchtungsmittel und Betriebskraft auf den verschiedensten Gebieten zu sehen.

Boulogne-sur-Mer: Es fand dort ab 15. Juni eine Internationale Ausstellung für Seefischerei statt. Was an früherer Stelle über Spezialausstellungen gesagt wurde, gilt auch hier. Interessanterweise sollte auch die Anwendung der Elektrizität in der Fischerei vorgeführt werden. Man darf gespannt sein, was man da erfahren wird, wenn wir wieder einmal mit unserem westlichen Nachbarn auf dem Verkehrsfuße stehen. Übrigens enthielt die Ausstellung auch noch andere elektrische Apparate aller Art, insbesondere auch drahtlose Telegraphie.

In **London** fand, wie alljährlich, eine ganze Reihe von Ausstellungen statt. Die bedeutendste scheint die Englisch-Amerikanische Ausstellung gewesen zu sein, die für Mai bis Oktober vorgesehen war. In einer eigenen elektrotechnischen Abteilung wurden Zentralanlagen, Verteilung und Ausnutzung elektrischer Energie, Telegraphie und Telephonie sowie sonstige Anwendungen der Elektrizität gezeigt. Nicht nur die Anwendung im Haushalt zum Kochen und Heizen, sondern auch Elektrochemie und Elektrometallurgie, Telegraphie und Telephonie wurden vorgeführt. Eine neuartige Zugbeleuchtung soll auch zu sehen gewesen sein. — Demnächst scheint eine Druckereiausstellung besonderes Interesse geboten zu haben. Allerlei elektrische Antriebe und Anwendungen für das Druckereigewerbe wurden gezeigt. Die größte Druckereimaschine war für 2000 A bei 25 V. Als interessante Vorrichtung wird noch eine elektrische Punktiermaschine (stippler) bezeichnet, die mit einem Akkumulator von 4 V betrieben wurde. — Die Ausstellung der Physikalischen Gesellschaft in London enthielt nach dem Bericht der englischen Fachzeitungen eine Reihe interessanter Apparate. — Bei der Shipping Engineering and Machinery Exhibition wird vermutlich die Elektrizität entsprechend vertreten gewesen sein.

Manchester: Vom 12. bis 27. Juni fand in der City Exhibition Hall zu Manchester als Wiederholung einer gleichartigen Veranstaltung des Jahres 1911 eine Second Northern Colliery and Mining Exhibition statt.

„Internationale“ Ausstellungen fanden auch in **Bristol** und **Glasgow** statt. Erstere im Mai ohne nähere Bezeichnung, letztere vom Mai bis September für das Spezialfach der Kinematographie.

Für **Lewisham, Bradford, Gillingham** und **Reigate** wird von elektrischen Ausstellungen für Hausgewerbe und Landwirtschaft durch die englische Fachpresse berichtet.

Wolverhampton: Die elektrische Ausstellung wurde als besonders interessant bezeichnet. Sie zielte auf Belehrung ab, wie so viele derartige Unternehmungen der letzten Zeit. Sie legte besonderen Wert auf die häusliche Anwendung der elektrischen Energie. Ein elektrisches Haus hat sich auf dieser Ausstellung befunden. Außerdem noch Fahrzeuge, elektrische Apparate und Utensilien.

Konstantinopel: Mai und Juni fand dort eine Ausstellung elektrischer Apparate, Arbeitsmaschinen und Haushaltungsgegenstände statt. Fünf deutsche Firmen waren vertreten. Der Zweck war die Bekanntmachung des dortigen Publikums mit den Anwendungen der Elektrizität in Gewerbe und Haus, Veranlassung die Inbetriebsetzung der großen elektrischen Anlagen für die Stromversorgung der Stadt Konstantinopel durch die Société ottomane d'Electricité.

Charkow: Die Charkower Abteilung der Kais. Russischen elektrotechnischen Gesellschaft beabsichtigte für Ende des Jahres eine elektro-

technische Ausstellung. Sie sollte die Anwendung der Elektrizität in Bergwerksbetrieben sowie im Haushalt und in der Kleinindustrie, ferner Zentralstationen, städtische Elektrizitätsunternehmungen und das Fernsprechwesen umfassen. Es sollte ein allrussischer elektrotechnischer Kongreß stattfinden, dessen Hauptthema die Lage der elektrotechnischen Wirtschaft in den Bergwerksunternehmungen der dortigen Gegend sein sollte. Es läßt sich nicht feststellen, ob Kongreß und Ausstellung wirklich stattgefunden haben.

Übersee:

New York: Es wird über eine internationale Ausstellung für Sicherheit und Hygiene berichtet. Diese sehr belehrende Veranstaltung enthielt unter anderem die Vorführung korrekter und unrichtiger Beleuchtungsarten auf den verschiedensten Anwendungsgebieten. — Ferner wird eine Trade Exhibition registriert. Diese scheint aber eine ständige Importausstellung zu sein. In **Philadelphia** fand vom 1. bis 5. Juni eine umfangreiche elektrische Ausstellung statt. In **Cleveland,** Ohio, war Ende Mai eine der üblichen elektrischen Ausstellungen.

Mysore, Britisch-Indien: Landwirtschafts- und Industrieausstellung 21. September bis 5. Oktober. Es sollten auch kleinere Motoren und sonstige Apparate für die Hausindustrie vorgeführt werden.

Daresalam: Für 15. bis 30. August war eine zweite allgemeine Deutsch-Ostafrikanische Landesausstellung geplant, zu der als besonders wünschenswert Windmotoren zur Erzeugung von Elektrizität, Lichtanlagen und Beleuchtungsartikel bezeichnet wurden.

Johannisburg: 19. bis 20. Mai. Dritte Jahresausstellung der Chemisch-metallurgischen Bergwerksgesellschaft. Hier sollten auch Instrumente aller Art ausgestellt werden. Endlich wird aus **Kapstadt** eine Motorpflugveranstaltung gemeldet, die im Februar stattgefunden hat.

Man hört so häufig gegen Ausstellungen einwenden, daß sie unter anderem auch deshalb entbehrlich seien, weil die Verkaufsorganisationen, die Läden und Warenhäuser großer Städte, eine derartige Übersicht und Auswahl bieten, daß das Publikum ohne weiteres suchen und kaufen kann, was es will. Hiermit wird aber nur ein kleiner Teil des Wesens der Ausstellungen getroffen. Und diesem Einwurf steht folgender Umstand entgegen. Nur auf einer Ausstellung, nicht aber in Geschäften, kann man sich einen Überblick darüber verschaffen, wie dies und jenes entstanden ist, kann gleichartiges bequem vergleichen, kann sich belehren, was vorteilhafter, zweckentsprechender, nützlicher, haltbarer oder ökonomischer ist. Darum möchte ich gerade den Fachausstellungen hier das Wort reden.

Die Frage ist naheliegend, welchen Einfluß der gegenwärtige Krieg auf das Ausstellungswesen haben wird. Ich bin nun der Ansicht, daß nach Beendigung der Kriegswirren das Ausstellungswesen eine neue Belebung erfahren muß und erfahren wird. Die Völker, mögen sie sich jetzt noch so sehr hassen und bekriegen, sind auf die Dauer doch aufeinander angewiesen und müssen dann allmählich wieder in Verkehr kommen. Daß hierzu Ausstellungen zu den geeignetsten Mitteln gehören, ist unschwer einzusehen. Internationale Ausstellungen sind neutrale Treffpunkte, die jedermann besuchen und beschicken kann, ohne sich dabei nach irgend einer Richtung hin etwas zu vergeben. So nähert man sich wieder und fängt an, sich wieder kennen zu lernen, verloren gegangene Beziehungen werden neuerdings angeknüpft werden, man findet neue Beziehungen und Anregungen. Möchte der Menschheit bald beschieden sein, daß der Krieg wieder dem friedlichen Wettkampf der Nationen den Platz räumt.

Vereinswesen und Kongresse.

Von Generalsekretär G. Dettmar.

Die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft[1]) hielt am 24. Januar und am 28. März 1914 Versammlungen ab, in denen von Norden über die Diffusionen der Beleuchtung, von Klebert über Leuchtfeuer für den See- und Luftverkehr, von Voege über objektive Photometrie und von Jakob über elektrische Zugbeleuchtung berichtet wurde.

Der Verbandstag des American Institute of Electrical Engineers[2]) fand, wie gewöhnlich, Ende Februar statt. Auf demselben befürwortete Sothmann die Normalisierung der einzelnen Teile der Freileitungsanlagen, um die Projektierungsarbeiten zu vereinfachen. Mehrere Vortragende berichteten über Hochspannungsisolatoren, Hochspannungsschalter und über Blitzschläge im Bereich von Hochspannungsanlagen. Hobarth gab Unterlagen über die Kosten der elektrischen Energie an der Stromquelle, wobei er verschiedene Werte des Belastungsfaktors berücksichtigte. Weiterhin wurde von mehreren Rednern die Frage der Gleichstromverteilung für Bahnen behandelt.

Der Elektrotechnische Verein Wien[3]) hielt am 18. März seine 32. Generalversammlung ab, durch welche die Abänderungen der Vorschriften über die Ausführung von Freileitungen, die vom Elektrotechnischen Verein Wien im Einvernehmen mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker bearbeitet waren, angenommen wurden.

Am 26. und 27. Mai fand in Magdeburg die Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker[4]) statt, auf welcher eine Reihe äußerst wichtiger Beschlüsse gefaßt wurden. Die seit 1908 bestehenden Errichtungs- und Betriebsvorschriften waren einer Neubearbeitung unterzogen worden, und sind nunmehr von der Jahresversammlung mit Gültigkeit vom 1. Juli 1915 ab beschlossen worden. Ebenso wurden auch die schon seit einer langen Reihe von Jahren bestehenden Vorschriften über Installationsmaterial und Schaltapparate völlig neu bearbeitet und nach vielen Richtungen hin ergänzt. Auch diese Vorschriften wurden von der Jahresversammlung angenommen (Einzelheiten s. S 23. u. 24). Aus dem Bericht des Generalsekretärs ist hervorzuheben, daß die Mitgliederzunahme eine außergewöhnlich große gewesen ist. Da auch die im letzten Jahre erledigten Arbeiten ungewöhnlich zahlreich waren, so bildete diese Jahresversammlung den Abschluß einer wichtigen Arbeitsperiode. Der Festvortrag wurde von F. Förster über Elektrochemie und Elektrothermie in der Metallurgie und chemischen Großindustrie gehalten. Ferner berichteten Dießelhorst über die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie, Guggenheim über die Entwicklung der Elektrostahlerzeugung und Josse über die Entwicklung hochwertiger Kondensationsanlagen. Das Hauptthema der Jahresversammlung war „Elektrizität auf Schiffen" und wurde durch einen Vortrag von Krell eingeleitet. Der Vortragende behandelte alle Anwendungsgebiete der Elektrizität auf Schiffen und ging am Schluß besonders auf die neuere Entwicklung des Scheinwerferbaues ein, über welche er eingehende Angaben machte.

Die National Electric Light Association[5]) hielt in der Zeit vom 1. bis 5. Juni in Philadelphia ihre Hauptversammlung ab, auf welcher über Tarifangelegenheiten, über Fortschritte im Bau von Betriebsmaschinen, über Erfahrungen an Hochspannungskabeln und Fortschritte der elektrischen Beleuchtung berichtet wurde. Steinmetz gab ein Bild über die zukünftige Entwicklung des Elektromobils, und Jones machte Vorschläge zur Erhöhung des Belastungsfaktors.

Vom 11. bis 14. Juni fand in Dortmund die Jahresversammlung des Verbandes der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland[6]) statt, auf welcher eingehend über die Frage der Zulassung von Elektroinstallateuren bei Anschlußanlagen von Elektrizitätswerken verhandelt wurde. Außerdem wurde über die Frage der Ausbildung von Installateuren und die

in dieser Beziehung unternommenen Schritte wegen Einführung der vierjährigen Lehrzeit berichtet.

Die Vereinigung der Elektrizitätswerke[7]) tagte vom 17. bis 19. Juni in Freiburg i. B. Neben einer großen Reihe geschäftlicher Angelegenheiten und der Beantwortung einer Anzahl gestellter technischer Fragen wurde von Petersen ein Vortrag über Überspannungsschutz gehalten, und ein Bericht von Himstedt über neuere Forschungen auf dem Gebiet der X-Strahlen gegeben. Schuster berichtete über die Benutzung des Diapositivs und des Films als Werbemittel für Überlandzentralen.

In Malmö fand Mitte Juli ein Kongreß[8]) statt, welcher alle Ingenieure der an die Ostsee grenzenden Staaten vereinigte. Unter den 800 Teilnehmern befanden sich Ingenieure aus Dänemark, Deutschland, Norwegen, Rußland und Schweden. Die Einheit Kilowatt an Stelle der Pferdestärke wurde von diesem Kongreß angenommen und den beteiligten Staaten die baldige Einführung empfohlen.

Faber berichtete eingehend über die Elektrizitätsversorgung auf dem Lande, und Westerberg über die Brandsicherheit elektrischer Installationen. Angelo hielt einen Vortrag über unterseeische Kraftübertragung von Schweden nach Dänemark. Über elektrische Heizung und deren Bedeutung berichtete eingehend Dalgreen, an dessen Ausführungen sich eine große Diskussion anschloß.

Die Jahresversammlungen des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins und der Vereinigung Schweizerischer Elektrizitätswerke[9]) wurden infolge der Zeitverhältnisse in vereinfachter Form am 25. Oktober abgehalten. Außer den geschäftlichen Angelegenheiten wurde über die Arbeiten der Kommissionen berichtet, und hiervon beanspruchte besonders der Bericht der Kommission für elektrische Koch- und Heizapparate Interesse. Auch die Kommission für Hochspannungsapparate und Brandschutz gab Aufschlüsse über ihr Arbeitsprogramm und über die bisher durchgeführten Versuche.

[1]) Dtsch. Beleuchtungstechn. Ges., ETZ 1914, S 264, 503. — [2]) Am. Inst. El. Eng., ETZ 1914, S 914. — [3]) El. Verein Wien, El. Masch.-Bau 1914, S 340. — [4]) Verb. Dtsch. El., ETZ 1914, S 805, 832, 863, 893. — [5]) Nat. El. Light Ass., El. World Bd 63, S 1283; El. Masch.-Bau 1914, S 698. — [6]) Verb. El. Install.-Firmen, ETZ 1914, S 979. — [7]) Vereing. d. El.-Werke, Mitt. Vereinig. E. W. 1914, S 401, 501. — [8]) ETZ 1914, S 914. — [9]) Schweiz. El. Ver. u. Ver. Schw. E. W., ETZ 1914, S 1130; Schweiz. Bauztg Bd 64, S 283; Bull. Schweiz. El. Ver. 1914, S 425.

Bildungswesen.

Von Prof. Dr. J. Epstein.

Als bedeutsames Ereignis auf dem Gebiete des Bildungswesens muß die Eröffnung der Universität Frankfurt vorangestellt werden. Hervorgegangen aus der Akademie für Sozial- und Handelswissenschaften, die in ihr weiterlebt, umfaßt die neue Universität auch ein Institut für angewandte Physik und insbesondere Elektrotechnik und hat in ihrem Lehrplan den technisch-wirtschaftlichen Fächern weiten Spielraum gewährt.

Unter den literarischen Erscheinungen ragt die Veröffentlichung des Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen hervor[1]), der mehrjährige Arbeiten über die Hochschule abschließt. Die Ergebnisse der Umfrage bei führenden Männern aus Industrie und Lehrberuf bringen eine Fülle von Anregung. Der Bericht über die Tagung mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse geben ein Material, in dem man die Richtlinien für die Fortentwicklung der Technischen Hochschule zu erblicken hat: Aufgabe der Technischen Hochschule ist Lehre und Forschung. Neben der Vermittlung fachlicher Kenntnisse

soll sie Gelegenheit zu harmonischer Geistesausbildung geben. Gegenüber der Überschätzung der Spezialausbildung in den letzten Jahren tritt die grundlegende Bildung in den Vordergrund, die Schulung zu selbständiger, verantwortungsvoller Arbeit und die Charakterpflege. Die normale Studiendauer soll 4 Jahre nicht übersteigen.

Gleichmäßigkeit wird in bezug auf Anforderungen und Prüfungswesen angestrebt. Im übrigen mag die einzelne Hochschule eine Eigenart in Bevorzugung besonderer Fächer wahren, in denen gerade sie Gelegenheit zu vertieftem Studium bietet. Im Vordergrund des Unterrichtes sollen Übungen in Seminaren und Laboratorien stehen mit enger persönlicher Fühlung zwischen Lehrer und Schüler. Der Einfluß hervorragender Persönlichkeiten kann nicht hoch genug geschätzt werden. Die Professoren sollen mit den technischen und wirtschaftlichen Fragen der Praxis in Fühlung bleiben. Neben ihnen soll führenden Vertretern der Technik Gelegenheit zu Einzelvorträgen gegeben werden. Das Vereinswesen der Studierenden ist in Hinblick auf Stählung von Körper und Geist und zur Pflege der Charakterbildung zu fördern. Bereits die Vorbildung soll zu selbständigem logischen Denken und zur Fähigkeit klaren Ausdrucks der Gedanken erziehen. In Mathematik, Physik, Chemie, Zeichnen sollte die Schule vorgearbeitet haben, so daß hierauf aufgebaut werden kann. Bekanntschaft mit Differentialquotient und Integral soll vorausgesetzt werden. Praktikum in Physik, Chemieunterricht, Schulung von Beobachtungsgabe, Raumsinn, Anschauung durch einen guten Zeichenunterricht während der Schulzeit könnten die Hochschulen entlasten. In den zwei oberen Schulklassen sollte schon ein Übergang von der üblichen Form des Schulbetriebes zu der freien akademischen Unterrichtsweise angestrebt werden.

Betreff der praktischen Vorbildung wird an der Forderung eines Jahres, möglichst ununterbrochen, festgehalten, wozu als Ergänzung eine Beschäftigung in elektrischen Kraftwerken, Hüttenwerken, auf dem Bureau usw. wünschenswert ist. Besonderes Gewicht wird dabei auf den Verkehr mit dem Arbeiter und auf planmäßige Ausbildung des Praktikanten gelegt. Für alle technischen Fächer bilden die mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächer die Grundlage. Auf dem Gebiete des Maschinenbaus und der Elektrotechnik soll sich der Studierende grundlegende Kenntnisse aus dem Gesamtgebiet aneignen und außerdem eine gründliche Ausbildung in Einzelgebieten. Die Entwürfe sind auf einigen Hauptgebieten als Werkzeichnungen soweit durchzuführen, wie es in der Praxis geschieht, während für andere Gebiete Berechnungen und Handskizzen genügen.

Übungen in Seminaren, Laboratorien, Studienreisen, Beschäftigung mit der Fachliteratur sind zu begünstigen. Wirtschaftliche und rechtliche Fächer sowie Verwaltungskunde sind in den Lehrplan aufzunehmen. Neben der fachlichen Ausbildung sind die allgemein bildenden Fächer zu pflegen.

Der Einführung in die Praxis des jungen Ingenieurs sollte die deutsche Industrie mehr Aufmerksamkeit zuwenden, während die Fortbildung des älteren Ingenieurs in erster Linie den Hochschulen zufällt.

Die Arbeiten des Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen sind eine Kulturtat. Wer auf dem Gebiete unterrichtet sein will, muß auf die Originalarbeiten zurückgreifen. Ausführliche Auszüge und Besprechungen werden mit Recht vielfach gegeben[2]).

Über die mathematische Ausbildung der Ingenieure in den verschiedenen Ländern erstattete Paul Staeckel[3]) der Internationalen Mathematischen Unterrichts-Kommission einen Gesamtbericht, der auch zu den Fragen der Vorbildung und anderen allgemeinen Hochschulfragen interessantes Material bringt.

Zur Entwicklung der Technischen Hochschulen gibt Kammerer[4]) übersichtliche graphische Darstellungen über die fortschreitende Angliederung von Laboratorien, über Staatszuschüsse, Lehrer, Studierende und schließt daran einen Ausblick: Neben der Fachbildung muß heute die Hochschule kulturelle

und ethische Werte vermitteln, neben dem technischen Denken soll sie auch das juristische pflegen.

Im American Institute of El. Eng. diskutierten Leiter großer Unternehmungen, Hochschulprofessoren, Gewerbeschulmänner die Berichte für das Jahr 1913 des Educational Committee[5]) (vgl. JB 1913). Die Werkschule soll dem Mann kein falsches Ideal in den Kopf setzen, statt eines guten Arbeiters ein schlechter Beamter zu werden. Die Schule soll sichten und trachten, jeden so weit zu führen, als seine Fähigkeiten reichen. Unter den Hunderten soll sie das ¼% auslesen, für welches Weiterbildung zum Ingenieur lohnt. Es herrscht Mangel an Hochschulingenieuren: Höchstens 5% der jungen Leute, führt Prof. Adams von der Harvard University aus, sind in der Lage, sich einer höheren oder auch nur Fachausbildung zu widmen. Davon sind viele ungeeignet und ein unnötiger Ballast auf öffentliche Kosten. Und wirklich Geeignete verkümmern unter den 95%. Es genügt nicht, wenn die Werkschule den wirklich Fähigen bloß in seiner Berufsklasse steigen läßt. Eigene Tüchtigkeit, nicht des Vaters Geldbeutel, soll den Zutritt zu den höchsten Bildungsmöglichkeiten bestimmen. Gewerbliche Fortbildungsschulen mit dem Ziel, im Arbeiter Lust und Liebe zu seinem Beruf zu stärken, passen, wie Rowland, Direktor des Drexel Institute, betont, nach Ansicht der Schulmänner Philadelphias nur für Länder mit scharfer Gliederung des sozialen Aufbaus. Im demokratischen Amerika dränge jeder, beruflich und sozial aufzusteigen. Entgegen der modernen Tendenz, Schulen und Unterrichtsstoffe möglichst zu differenzieren, sollte man in den öffentlichen Schulen die allgemeinen Grundlagen gemeinsam behandeln, die Behandlung von Spezialgebieten den Werkschulen überlassen. Der Bildungswert von Vorträgen bei den Monatsversammlungen großer Werke oder gar eines Korrespondenzunterrichts werde überschätzt.

Die amerikanischen Hochschulen tragen den Bedürfnissen derer, die beruflich verhindert sind, am Tagesunterricht teilzunehmen, Rechnung. So fügt die Universität Washington zu ihrem normalen Vierjahreskursus über Elektrotechnik Abendkurse für weitergehendes Studium und Forschungsarbeiten an für solche, die tagsüber bereits im Beruf stehen. Außerdem aber wird sie vom nächsten Jahre ab einen Abendkursus auf dem Niveau des regulären Universitätslehrganges veranstalten für solche, die den normalen Aufnahmebedingungen genügen, aber tagsüber beschäftigt sind.

Bei dem Vergleich amerikanischer und deutscher Verhältnisse darf man nicht außer acht lassen, daß wir obligatorische Fortbildungsschulen haben. Eine Bewegung, solche einzuführen, ist auch in Amerika im Gange. In dem Schlußkapitel seines Berichtes über Gewerbeschulwesen in Europa erkennt Edwin G. Cooley[6]) die Weiterbildung aller über das 14. Jahr hinaus als Pflicht an gegenüber dem Individuum wie dem Staat. Maßgebend für den Unterricht soll sein bildender und erzieherischer Wert sein; um den Schüler zu fesseln, soll er an die beruflichen Interessen anknüpfen. Das Buch stellt den Bericht über eine einjährige Studienreise im Auftrage des Commercial Club of Chicago dar und gibt die hier erhaltenen Anregungen. Deutschland bezeichnet er als das führende Land auf dem Gebiete des technischen Unterrichtswesens, ihm folge Schottland. So befaßt sich das Buch überwiegend mit deutschen Verhältnissen und deutschen Bestrebungen unter besonderer Würdigung auch der Arbeiten Kerschensteiners. In einzelnen Kapiteln werden Österreich und Schweiz behandelt.

Auch Steinmetz tritt für Erweiterung der Schulpflicht bis zum 18. Jahr ein, und zwar aus erzieherischen, nicht aus berufstechnischen Gründen.

Die Ergebnisse seiner amerikanischen Studienreise auf dem Gebiete des technischen Unterrichtswesens hat Matschoß neuerdings im Heft 148 u. 149 der Forschungsarbeiten des VDI zusammengestellt, und im gleichen Heft gibt M. W. Alexander[7]) eine anschauliche und anregende Schilderung des von ihm geleiteten Ausbildungswesens bei der General Electric Co. in West Lynn. Der Arbeiterlehrling tritt mit dem 14. Jahr ein, zunächst zur Probe. Es wird scharf

gesiebt. Vom ersten Tage an wird ein Stundenlohn gezahlt, der dem Lehrling selbständige Lebensführung erlaubt (42 Pf, steigend auf 59 Pf). 2 Jahre arbeitet er in der Lehrlingswerkstatt, dann im Betrieb, wobei er weiter im Auge behalten wird. Täglich ist 1½ Stunden Unterricht, und zwar während der Arbeitszeit unter Fortzahlung des Lohnes. Die Unterrichtszimmer fassen höchstens 18 Schüler, doch werden vielfach nur 5 bis 6 Schüler zusammen genommen. Im Zeichenunterricht wird besonderer Wert auf Entwerfen von Vorrichtungen für Massenfabrikation, Lehren, Schablonen gelegt. Nach Schluß der Lehre erhält er ein Prüfungszeugnis. Konstrukteur- oder Technikerlehrlinge, die mit besserer Vorbildung kommen, lernen 3 Jahre praktisch und erhalten einen theoretischen Unterricht, der dem auf Hochschulen ähnelt, nur daß an Stelle allgemein bildender Fächer die technischen mehr betont werden. Für die Absolventen von technischen Hochschulen und Universitäten besteht ein 2jähriger praktischer Kursus in Maschinenbau, Konstruktion, Wickelei, Montage, Prüfung, Geschäftskunde, ergänzt durch Vorträge. Diese Heranbildung des Nachwuchses erstreckt sich auf etwa 1500 junge Leute. Dem ungelernten Arbeiter dienen Sonderkurse, die ihm Gelegenheit geben, sich nachträglich als Facharbeiter in bestimmter Richtung auszubilden, 3 Monate gegen Stundenlohn in besonderem Arbeiterraum, 3 Monate gegen Akkordlohn im allgemeinen Werkstattbetrieb, aber unter fachmännischer Leitung.

Im American Institute of El. Eng. behandelten Vertreter der verschiedenen Richtungen die Frage „Klassisch wissenschaftliche oder rein technische Hochschulausbildung für den Elektroingenieur?“[8]). Von beiden Seiten wird die Unzufriedenheit der Praxis mit dem ihr von der Hochschule zugeführten Material betont, der Fehler aber wird in entgegengesetzter Richtung gesucht. Der sonst gerade von der amerikanischen Industrie betonte Gesichtspunkt, daß überhaupt erst die Praxis die Ingenieurausbildung abschließe, tritt nicht hervor. Der Wert guter Allgemeinbildung wird auch auf der technischen Seite nicht unterschätzt, aber der, den es zum Ingenieurberuf dränge, habe kein Interesse für abliegende Gebiete, und die Forderung eines klassischen Unterbaues treffe gerade solche Elemente hart. Schon die Schule habe technische Wissensgebiete zu berücksichtigen. Der Bildungswert der technischen Schulung sei nicht geringer als der desjenigen, was bisher einseitig als Allgemeinbildung gegolten habe. Führe man den studierenden Ingenieur statt nur zu abstraktem Wissen auch zum Gebrauch von solchem, so steigere man sein Interesse und schule ihn für den Beruf.

Von der anderen Seite wird im Interesse einer gründlichen Urteilsfähigkeit eine breite geisteswissenschaftliche Unterlage verlangt und einer klassischen Ausbildung das Wort geredet. Die rein technische Erziehung mit dem Zwang, auf das Detail zu achten, enge den Blick ein. Auch verführe sie dazu, nur das lernen zu wollen, was unmittelbare Verwendbarkeit verspräche. Mathematik, Physik, Chemie seien nicht als Werkzeug des Ingenieurs, sondern als Grundlagen aller jetzigen und zukünftigen Ingenieurwissenschaften zu lehren. Dem nur 2jährigen technischen Fachstudium solle ein 3- bis 4jähriges Allgemeinstudium vorausgehen.

Zu der Frage der wirtschaftlichen Schulung wurde von deutscher Seite der Unterricht in Betriebslehre und privatwirtschaftlichen Fächern betont.

Besondere Aufmerksamkeit wird dem zukünftigen Unternehmer zugewendet[9]).

An Stelle weniger genialer, durch harte Lebens- und Berufserfahrung geschulter Kraftnaturen, wie früher, verlange die kommende Zeit eine Generation kenntnisreicher, pflichttreuer Großunternehmer zur Fortführung der bestehenden Betriebe.

Die amerikanische Literatur fordert „Business-Training“. „Die Dollar-Efficiency kennzeichnet den Ingenieur wie die Mechanical Efficiency den bloßen Konstrukteur.“

Im Interesse des Nachwuchses halten die großen Elektrizitätsfirmen Amerikas rege Verbindung mit den Hochschulen. Die Westinghouse El. a. Mf. Co. veranstaltet jährlich Fortbildungskurse für Hochschulprofessoren. Eine Kommission der Gen. El. Co. sucht im Herbst die Hochschulen auf und gibt den Studierenden Gelegenheit, Fühlung zu nehmen. Vielfach werden die besonderen Ansprüche an den Verkaufsingenieur betont, der Betriebstechnik und fremde Zweige der Industrie kennen müsse[10]). Darum darf sein Studium nicht auf Erwerb einseitiger Fachkenntnis gerichtet sein. Zergliedern, scharf denken, sich klar ausdrücken soll er lernen. Aber auch der Professor soll Umschau in der Industrie halten. In engem Kontakt mit dem Schüler soll er trachten „Männer heranzubilden, statt nur Gehirne vollzustopfen".

Die Fortbildungskurse der Elektrotechnischen Gesellschaften des In- und Auslandes betreffen unter anderem Hochspannung, Überspannungen, Radioaktivität, elektromagnetische Lichttheorie. Die alljährlichen Frame-Thomsonschen Vortragsreihen in London wollen den Ingenieur in bessere Fühlung mit der kaufmännischen Seite seines Berufes bringen. Sie behandelten Finanz- und Bilanzfragen. In Deutschland strebt man die Fortbildungskurse für Ingenieure als ständige Einrichtung an, sei es im Anschluß an Hochschulen, sei es als Sonderkurse auf Spezialgebieten einzelner Industriebezirke in diesen selbst.

In einem Flugschriftchen „Von der Schule in die Praxis"[11]) gibt der Österreichische Polytechnische Verein dem jungen Techniker wertvolle Fingerzeige. Das Schulwissen ist nur Grundlage für die selbständige Entwicklung. Keine „Nurkonstrukteure!" Technologische Kenntnisse sammeln! Selbst der spätere Spezialist betätige sich vorher tunlichst auf anderen Gebieten! Kritisch Fachliteratur lesen, nach kaufmännischer Einsicht streben, kalkulieren lernen! Technischer Geist und kaufmännischer Geschäftssinn machen die Tüchtigkeit des Technikers.

Auf dem Gebiete der modernen Ausbildung hat der Verband der Elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland eine „Gehilfen-Prüfungsordnung für das Elektrotechnische Installationsgewerbe" ausgearbeitet. Die theoretische Prüfung betrifft die fachlichen Kenntnisse. Sie erfolgt mündlich, schriftlich und zeichnerisch, sieht aber Rechenaufgaben nicht vor.

Nach den Erfahrungen von Oberingenieur v. Voß[12]) bei Siemens & Halske hat die Aussicht auf die Gesellenprüfung und besonders die Anfertigung des Gesellenstückes einen großen erzieherischen Wert. Der theoretische Unterricht solle sich jedoch nicht auf die gesetzlich vorgeschriebenen 3 Jahre beschränken, sondern bis zum Ende der 4jährigen Lehrzeit gehen.

Gegen das Unwesen der Schnellkurse, wie sie leider entgegen den Warnungen der Fachwelt vielfach veranstaltet werden, hat sich neuerdings der Württembergische Bezirksverein des Elektroinstallateurverbandes in einer Eingabe an die Regierung gewendet. Eine erfreuliche Erscheinung ist die weitere Ausdehnung von Sonderkursen über Spezialgebiete, die von berufener Seite abgehalten werden, teilweise mit praktischen Übungen verbunden.

[1]) Abh. u. Ber. über Techn. Schulwesen Bd V. — [2]) Zschr. d. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 764, 811. — [3]) Staeckel, Zschr. d. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 1614. — [4]) Kammerer, Techn. u. Wirtsch. 1914, S 1. — [5]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 2254. — [6]) Cooley, Vocational Education in Europe. — [7]) Alexander, Forschungsarbeiten a. d. Geb. d. Ingen.-Wes. 1914, Heft 148, 149. — [8]) Rowland u. Mc Clenahan, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1371, 1379. — [9]) Thieß in Schmollers Jahrb. vgl. Techn. u. Wirtsch. 1914, S 472. — [10]) Nicholson, Electric Journ. 1914, S 472. — [11]) Österr. Techn. Verein, Wien 1914. — [12]) v. Voß, Z. f. gew. Unterr. 1914, S 546.

Sozial-Technisches.

Von Oberingenieur Karl Seidel.

Gesetzgebung. Von neuen gesetzlichen Maßnahmen im Deutschen Reiche in sozialer Beziehung ist nichts zu erwähnen. Die preußischen Gewerbeinspektoren haben durch Verfügung des Ministeriums für Handel und Gewerbe vom 7. Januar 1914[1]) das Recht zum selbständigen Erlaß polizeilicher Verfügungen auf Grund des § 120d,f der Reichsgewerbeordnung erhalten. — In Dänemark ist ein neues Arbeitsgesetz[2]) für Fabriken, Werkstätten, Maschinenbetriebe und Heimarbeit sowie für die Beaufsichtigung dieser Betriebe erlassen. — In Schweden wurde ein Reichsamt für soziale Angelegenheiten errichtet[3]). Das Amt erstreckt seine Tätigkeit auf den Schutz der Arbeiter gegen Unfälle und Krankheiten während der Arbeit, ferner Beschäftigung Minderjähriger, Festsetzung der Arbeitszeit, Fabrikinspektion und Krankenversicherung. — Das englische Home Office[4]) hat neue Bestimmungen über Nachtarbeit erlassen, durch die besonders viele früher zulässige Ausnahmen von der im allgemeinen verbotenen nächtlichen Beschäftigung Jugendlicher aufgehoben werden. — Über die gesetzlichen Bestimmungen zum Schutze der Arbeiter gegen Betriebsunfälle in den Staaten New York und Minnesota, die am 1. Oktober 1913 bzw. 1. Januar 1914 in Kraft getreten ist, berichtet Ernst[5]).

Gefahren der Elektrotechnik. Ein Merkblatt für den Umgang mit elektrischen Anlagen von Flamme[6]) sucht das Publikum vor den schädlichen Einwirkungen der Elektrizität zu schützen. Die gute Absicht ist anzuerkennen, scheint aber nicht die glücklichste Lösung gefunden zu haben. — Eine Explosion von Schlagwettern in einer amerikanischen Kohlengrube[7]), die den Verlust von 440 Menschenleben zur Folge hatte, ist der Elektrizität zugeschoben worden, trotzdem in der Grube nur eine elektrische Signalanlage vorhanden war. Eine sachverständige Prüfung ergab, daß die Explosion zweifellos durch offene Lampen und nicht durch die elektrischen Einrichtungen verursacht wurde.

Unfallstatistik in der Elektrotechnik. Über die im Laufe des Jahres 1913 in England vorgekommenen Unfälle in elektrischen Betrieben und durch elektrischen Strom berichtet der englische Fabrikinspektor G. Scott-Ram.[8]) In öffentlichen Elektrizitätswerken und Bahnwerken sind 392 Unfälle (darunter 7 Todesfälle) nicht elektrischer, 65 (mit 2 Todesfällen) elektrischer Ursachen vorgekommen. Außerdem sind an elektrischen Unfällen in anderen Fabriken 418 (darunter 17 Todesfälle) festgestellt worden. Diese Zahl weist eine sehr starke Zunahme gegenüber dem Vorjahre mit 283 Unfällen auf. Die meisten Unfälle werden auf die mangelhafte Unterhaltung der elektrischen Anlagen und auf die mit der Zeit auftretenden Isolationsfehler zurückgeführt. Eine noch stärkere Zunahme der Unfälle wird aus elektrotechnischen Fabriken berichtet, infolge mangelhafter Aufsicht.

Für das Deutsche Reich fehlt eine derartige Sammelstelle für die durch elektrischen Strom verursachten Unfälle; solche, die als Betriebsunfälle anzusehen sind, gelangen bei den 68 gewerblichen und 49 landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften zur Anmeldung. Die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik hat die in Elektrizitätswerken und Installationsfirmen vorkommenden Unfälle zu entschädigen und führt über die durch elektrischen Strom veranlaßten Verletzungen als einzige von allen Berufsgenossenschaften eine besondere Statistik. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß nur diejenigen Unfälle entschädigt werden, die eine über die Dauer von 13 Wochen nach dem Unfall hinausreichende Schädigung der Erwerbsfähigkeit zur Folge haben. Im Jahre 1913 wurden 169 elektrische Unfälle (darunter 94 Todesfälle) von dieser Berufsgenossenschaft[9]) entschädigt, während außerdem noch etwa die 3fache Anzahl leichterer Unfälle vorkamen, die aber ohne dauernde Beeinträchtigung der Erwerbsunfähigkeit verliefen. Die Gesamtzahl der im

Deutschen Reich eingetretenen Unfälle durch elektrischen Strom kann auf etwa 1000 bis 1200 im Jahre 1913 geschätzt werden. Für 1914 sind die Zahlen noch nicht veröffentlicht. Für Österreich sammelt der Wiener Elektrotechnische Verein[10]) Mitteilungen über elektrische Unfälle. Von solchen sind 1913 zu seiner Kenntnis gelangt 84 (darunter 13 Todesfälle). Allein 48 der gemeldeten Unfälle entfallen auf die Wiener Städtische Straßenbahn. Diese Statistik ist sehr unvollständig.

Maher[11]) gibt die Zahl der Unfälle im Straßenbahnbetriebe der 3 Avenue Railway in New York im Jahre 1913 auf 26981 an, von denen 18,4% auf das Einsteigen, 20,2% auf das Aussteigen, 26,4% auf Wagenzusammenstöße entfallen. Wieviel hiervon zu einer Entschädigung geführt haben, ist nicht bekannt.

Unfallverhütung und Arbeiterschutz. Für die Elektrotechnik Deutschlands hat das Jahr 1914 eine Neubearbeitung der Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker[12]) über die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen gebracht, die aber erst am 1. Juli 1915 in Kraft treten (vgl. S 23). — In amerikanischen technischen Vereinen hat die Einführung von Schutzvorrichtungen und Schutzmitteln in gewerblichen Betrieben im Jahre 1914 großes Interesse gefunden. Wallace Watt Faller[13]) hält die Anstellung von besonderen Unfallverhütungsingenieuren bei elektrischen Straßenbahngesellschaften für unbedingt erforderlich. Desgleichen wurde auf der Milwaukee-Convention der Wisconsin Electrical Association[14]) betont, daß für elektrische Oberleitungsnetze eine dauernde Kontrolle und Beaufsichtigung dringend erforderlich sei. Franklin[15]) mißt der mangelhaften Sorgfalt in der Auswahl der Zugbeamten und derjenigen höheren Aufsichtsbeamten, welche das Zugpersonal einstellen, einen Hauptanteil an der großen Zahl der vorkommenden Unfälle im Straßenbahnbetriebe bei. — Auf der Vierteljahrsversammlung der New York Electric Railway-Association[16]) wurden bewährte Schutzvorrichtungen an den elektrischen Straßenbahnbetriebsmitteln erwähnt. In einem Betriebe haben sich sog. Faltentüren mit elektrischer, vom Kontroller abhängiger Verriegelung bewährt, um zu verhindern, daß während der Fahrt Personen den Wagen besteigen oder ihn verlassen. Ferner wurde auf dieser Versammlung das Verfahren der U. S. Steel-Corporation empfohlen, für ihre zahlreichen und sehr großen Betriebe Unfallverhütungsvorschriften zu erlassen und bewährte Schutzvorrichtungen für die verschiedensten Maschinen und Arbeitsvorgänge ihren Mitgliedern bekannt zu geben. — Die Westinghouse Co.[17]) macht Mitteilung, wie in ihren Betrieben laufende Riemen und Seile durch feste Schutzgitter oder schwere, transportable Schutzkästen oder in Rahmen gefaßte Drahtschutznetze gesichert werden, und wie hinter der Schalttafel von Elektrizitätswerken Schutzvorrichtungen gegen das Berühren spannungführender Teile auszuführen sind. Die am häufigsten nötigen Schutzvorrichtungen an Dynamomaschinen, Kraftmaschinen, Ventilatoren, beim Transport von Leitern usw. gibt die United-Gas-Improvement-Co., Philadelphia[18]), bekannt. Den amerikanischen Bahnen wird der in Deutschland übliche Schutz in Unterwerken elektrischer Straßenbahnen nach den Ausführungen der Siemens-Schuckertwerke[19]) empfohlen. — H. H. Clark[20]) forderte auf der Jahresversammlung des American Institute of Mining Engineers für elektrische Anlagen in Bergwerken gute Unterhaltung des elektrischen Schießbetriebes und genaue Beobachtung der Sicherheitsvorschriften. Er erwähnt, daß die größeren Kohlenfadenlampen und die Metallfadenlampen von mehr als 25 W Stromverbrauch Schlagwetter entzünden, wenn die leuchtenden Lampen zertrümmert werden. Eine wesentliche Verminderung der im Bergbau vorgekommenen Unfälle sei bisher schon erreicht worden durch Einführung von elektrischen Signalvorrichtungen (Telephon usw.), des elektrischen Schießbetriebes, von Akkumulatorenlokomotiven und von tragbaren elektrischen Sicherheitslampen. — Neue Sicherheitsvorschriften[21]) für Gruben sind in England erlassen worden. Der beaufsichtigende Beamte soll weniger als Strafbeamter, sondern mehr als Berater des Grubenbesitzers tätig sein. — Ashe[22]) bespricht

eingehend die in den Betrieben der Gen. El. Co. vorkommenden Unfälle und der Unfallverhütungsmittel. Ein Sicherheitsausschuß veranstaltet nach jedem erheblichen Unfall eine Untersuchung und gibt sofort Mittel an, wie in Zukunft und an anderen Stellen ähnliche Unfälle verhütet werden können. Außerdem gibt die Gesellschaft in einer Zeitschrift ihren Angestellten Kenntnis von den Unfällen und den daraus zu ziehenden Lehren in bezug auf geeignete Schutzmittel. Hierdurch ist unter den Arbeitern die Anwendung der Schutzmittel, besonders der Schutzbrillen und Gießerschuhe, gefördert worden. In Deutschland wird leider von den Arbeitern häufig der Benutzung dieser Schutzmittel ein passiver Widerstand entgegengesetzt. — Lachmann[23]) berichtet ausführlich über die Durchführung der Arbeiterschutzgesetze in Frankreich. Unter 534650 gewerblichen Betriebsunfällen im Jahre 1913 hatten 2436 tödlichen Ausgang. Die Schutzgesetze erstrecken sich mehr auf die Verhütung von Gewerbekrankheiten als auf die Verminderung der Betriebsunfälle und auf die unfallsichere Einrichtung der Arbeitsstätten.

Die Einrichtung von Arbeiterschutzkommissionen in verschiedenen großen industriellen Gebieten hat sich ausgezeichnet bewährt. Besonders durch die Mitwirkung der Arbeiter wird das Interesse und das Verständnis für die Unfallverhütung und für hygienische Betriebseinrichtungen wirksam in die Kreise der Arbeiterschaft hineingetragen.

Soziale Fürsorge. Über die rationelle Ausnutzung der menschlichen Arbeitskraft bringt Dück[24]), Innsbruck, einen Auszug aus dem Bericht des französischen Staatslaboratoriums zur Untersuchung der gewerblichen Arbeit (Direktor Jules Amar), wonach

1. die größtmögliche Arbeitsleistung mittels eines gegebenen Werkzeugs mit einem bestimmten Kraftaufwand und mit einer bestimmten Geschwindigkeit erreicht wird;
2. eine bestimmte Normalgrenze der Ermüdung nicht überschritten werden darf, ohne in eine Art Raubbau auszuarten, d. h. ohne die Arbeitsfähigkeit dauernd zu schädigen.

Er verteidigt Taylor, dessen Tätigkeit in demselben Maße dem Nutzen der Arbeitnehmer wie demjenigen der Arbeitgeber zugute kommt. Als Nutzanwendung aus den Untersuchungen ergibt sich

zu 1. der Kraftaufwand und die Schnelligkeit der Arbeit müssen in das günstigste Verhältnis gebracht werden;

zu 2. die Ruhepausen sind so zu regeln, daß eine Übermüdung verhindert wird, die Arbeitsleistung ist so zu bemessen, daß keine frühzeitige Erschöpfung eintritt.

Die neuere englische Sozialpolitik wird von H. A. Walter in einem Buche behandelt. Die deutschen Einrichtungen haben meist als Vorbild gedient, sind aber unter Benutzung englischer geändert worden.

Das Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, hat als 126. Schrift die dem amerikanischen Senat unter Nr. 336 der offiziellen Drucksachen vorgelegte Abhandlung über die Arbeiterschutzgesetze in den Vereinigten Staaten und fremden Ländern herausgegeben. Die Schutzgesetze werden nicht vom Kongreß in Washington erlassen, sondern von den einzelnen Staaten (bisher von 24); sie behandeln Gewerbekrankheiten, Betriebsunfälle, verminderte Erwerbsfähigkeit der Arbeiter, Unterstützung der Hinterbliebenen. Wie notwendig solche Gesetze sind, geht daraus hervor, daß in den Vereinigten Staaten durch Unfälle jährlich 40000 Menschen getötet, etwa 2 Millionen verletzt und 3 Millionen Menschen von Krankheiten befallen werden, die sich hätten vermeiden lassen. Die Regierung hat von den eigenen 400000 Arbeitern etwa ein Viertel, welche in gefährlichen Betrieben beschäftigt sind, gegen Unfall und Tod versichert.

Die soziale Fürsorge im Deutschen Reich während der Kriegszeit behandelt J. Altenrath[25]). Die Fürsorge erstreckt sich nicht bloß wie in Friedenszeiten

auf die Erhaltung der Arbeitskraft und Entschädigung bei Einbuße an derselben, sondern auch auf die Volksernährung, Regelung der Arbeitsmöglichkeit (Arbeitsmarkt und Arbeitslosigkeit), Miets- und Wohnungsfrage sowie Hilfs- und Unterstützungswesen. Viele auf Grund der Reichsgewerbeordnung über die hygienischen Einrichtungen von Betriebsstätten und Schutz an maschinellen Einrichtungen sowie bei verschiedenen Arbeitsvorgängen festgesetzten Bestimmungen mußten gemildert werden oder wenigstens wurde von deren scharfer Durchführung abgesehen.

v. Zwidineck-Südenhorst[26]) beantwortet die Frage: Hat die deutsche Sozialversicherung die in sie gesetzten Erwartungen erfüllt? dahin, daß deren schadenverhütende Wirkung sich am meisten bei der deutschen Unfallversicherung und, wenn auch in geringerem Maße, bei der Invaliditäts- und am wenigsten bei der Krankenversicherung erwiesen hat. Als unerwünschte Folgen der Gesetzgebung haben sich eingestellt: die Verminderung des Bestrebens, Versicherungsfälle zu verhüten, eine Abnahme der Widerstandskraft, wenn die Möglichkeit eines Versicherungsanspruches gegeben ist und manche Fälle offenbarer Simulation. Trotzdem kommt der Verfasser zu dem Ergebnis, daß die deutschen sozialen Gesetze sich bewährt haben und Verbesserungen nur in Einzelheiten bedürfen, daß aber nicht etwa eine Rückkehr von dem eingeschlagenen Wege in Frage kommen könne.

In einem ausgezeichneten Werke behandelt der Präsident des Reichsversicherungsamts, Dr. Kauffmann[27]), das schadenverhütende Wirken in der deutschen Arbeiterversicherung. Er legt die wesentlichen Ziele der Versicherung dar: Schutz gegen Arbeitsunfähigkeit, Krankenhilfe, Krankheitsverhütung, Unfallversicherung, Bekämpfung von Volksseuchen, Hebung der gesundheitlichen und wirtschaftlichen Lage der arbeitenden Klassen. Die Lichtseiten unserer Arbeiterversicherung überstrahlen ihre Schattenseiten.

Wohlfahrtseinrichtungen. Die Wiener Straßenbahnen, die durchweg von der Stadtverwaltung selbst betrieben werden, wenden für die Bezahlung ihrer Arbeiterschaft und ihrer Angestellten, deren Anzahl in 10 Jahren sich verdoppelt und 1913 13000 überschritten hatte, ungefähr 23 Mill. K auf und außerdem noch über 3 Mill. K für Wohlfahrtszwecke.

Die Zentralstelle für Volkswohlfahrt[28]), Berlin, teilt die Erfahrungen auf dem Gebiet der Fabrikwohlfahrtspflege, im besonderen des Fabriksparwesens, mit. Altenrath empfiehlt, die Arbeiter anzuhalten, daß sie bei jeder Lohnzahlung der Fabrikleitung einen Betrag für Sparzwecke überlassen.

Eine besondere Erwähnung verdient das von der AEG eingerichtete und im März eröffnete Hygiene-Museum. Die Sammlung umfaßt 3 Gruppen: 1. Schutz vor Unfällen, 2. Gewerbehygiene, 3. Allgemeine Hygiene. In der ersten Gruppe werden Maschinen mit bewährten Schutzvorrichtungen, Transporteinrichtungen, Hebezeuge, Krane, einschließlich der unfallsicheren Befestigung und Beförderung von Lasten, gezeigt. Dieser Teil der Ausstellung verdient besondere Beachtung, weil die Unfälle bei Transportarbeiten außerordentlich zahlreich sind und nur durch Erziehung der Arbeiter selbst, weniger durch Schutzvorrichtungen, bekämpft werden können. In der zweiten Gruppe werden solche Schutzmaßnahmen vorgeführt, die Gesundheitsschädigungen durch Einwirkung von Staub, Gasen, Giften, schädlichen Temperaturen usw., zu vermeiden geeignet sind. Auch solche Einrichtungen sind ausgestellt, welche dem Schutz der Augen und Ohren dienen. Die dritte Abteilung dient der Belehrung über den Bau des menschlichen Körpers und seiner einzelnen Organe, über die am häufigsten vorkommenden Volkskrankheiten (Tuberkulose, Alkoholismus usw.), über Körperpflege und besonders auch über den wahren Wert der verschiedenen Nahrungsmittel. In Tafeln wird auch auf die Bedeutung und Leistung der deutschen sozialen Gesetze hingewiesen. Die AEG hat sich durch die mit reichen Mitteln unternommene Einrichtung dieses Museums ganz besondere Anerkennung verdient.

[1]) Zentrbl. Gewerbehygiene 1914, S 5, 169. — [2]) Sozialtechnik 1914, S 75. — [3]) Zentrbl. Gewerbehygiene 1914, S 165. — [4]) Zentrbl. Gewerbehygiene 1914, S 241. — [5]) Ernst, Sozialtechnik 1914, S 298. — [6]) Flamme, ETZ 1914, S 690. — [7]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 725. — [8]) Scott, ETZ 1914, S 690. — [9]) Jahresbericht über die Tätigkeit der deutschen Aufsichtsbeamten 1913. — [10]) El. Masch.-Bau 1914, S 218. — [11]) Maher, El. Rlwy. J. 1914, S 707. — [12]) ETZ 1914, S 478, 510, 720. — [13]) Faller, El. Rlwy. J. Bd 43, S 934. — [14]) El. World Bd 63, S 328. — [15]) Franklin, El. Rlwy. J. Bd 43, S 1244. — [16]) El. Rlwy. J. Bd 43, S 707. — [17]) Westinghouse Co., El. World Bd 63, S 161. — [18]) United Gas Impr. Co., El. World Bd 63, S 101. — [19]) Siemens-Schuckertwerke, El. Rlwy. J. Bd 43, S 30. — [20]) Clark, El. World Bd 63, S 467. — [21]) El. Rev. (Ldn.) Bd 7, S 672. — [22]) Ashe, Gen. El. Rev. 1914, S 854; Sozialtechnik 1914, S 162. — [23]) Lachmann, Zentrbl. Gewerbehygiene 1914, S 1. — [24]) Dück, ETZ 1914, S 1097. — [25]) Altenrath, Concordia Zschr. d. Zentralstelle f. Volkswohlfahrt 1914, S 283. — [26]) v. Zwiedineck-Südenhorst, Zentrbl. Gewerbehygiene 1914, S 165. — [27]) Kauffmann, Sozialtechnik 1914, S 52; ETZ 1914, S 808. — [28]) Concordia, Zschr. d. Zentralstelle f. Volkswohlfahrt 1914, S 124.

Rechtsverhältnisse der Elektrotechnik.

Von Justizrat Dr. Zimmer.

Die Rechtsentwicklung auf dem Gebiete der Elektrotechnik ist durch die kriegerischen Ereignisse des Jahres 1914 sehr ins Stocken geraten. Si clamant arma, silent leges gilt auch hier. Nur in der ersten, friedlichen Hälfte des Jahres haben die elektrotechnischen Zeitschriften Material gefunden, um ihre Rubrik „Rechtliches“ zu füllen. Die Vorarbeiten, die auf gesetzgeberischem Gebiete aus den früheren Jahren mit ins Jahr 1914 hinübergenommen oder neu eröffnet wurden, sie sind sämtlich unvollendet geblieben. Dies gilt insbesondere von dem seitens der Elektrotechnik so sehr herbeigesehnten

Elektrizitätswegegesetz.

Deutschland. Die einheitliche Regelung dieser Materie für den ganzen Umfang des Deutschen Reiches erweist sich um so notwendiger, je mehr die Überlandzentralen ohne Rücksicht auf die Landesgrenzen der einzelnen Bundesstaaten ihre Riesenarme Hunderte von Kilometern weit im Umkreise ausspannen. Das Bedürfnis nach einer gesetzlichen Ordnung der hierfür in Betracht kommenden Fragen ist im Auslande nicht geringer als in Deutschland, und da in den mehrstaatlichen Reichen die einheitliche Regelung länger, als erwünscht, auf sich warten läßt, versuchen die Einzelstaaten die Lösung der Aufgabe für ihr kleineres Gebiet.

So ist für das Fürstentum **Lippe**[1]) dem Landtage ein Gesetzentwurf für die Versorgung des Landes mit elektrischer Energie vorgelegt, nach welchem dem Staat das Recht der Benutzung auch der nicht staatlichen öffentlichen Wege unter Schonung der Interessen der Wegeunterhaltungspflichtigen und der bereits bestehenden Anlagen gewährt werden soll. Der Staat soll ferner berechtigt sein, den Luftraum über den Grundstücken und den Grund und Boden unter der Oberfläche zur Führung von Leitungen und Grundstücke und Gebäude zur Anbringung von Stützpunkten für die Leitungsanlagen zu benutzen.

In **Österreich**[2]) ist bereits 1903 einmal ein Gesetzentwurf betreffend das Wegerecht und andere Bestimmungen für elektrische Anlagen zur Vorlage gebracht, 1908 ist er erneuert, aber wieder zurückgezogen, nunmehr ist er von neuem vorgelegt worden. Der Entwurf wird in den dazu veröffentlichten Abhandlungen[3]) wegen zu großer behördlicher Bevormundung meist abfällig beurteilt.

Auch in Österreich sucht man daher in den Einzelländern die Angelegenheit ihrer Lösung entgegenzuführen. So ist für Mähren[4]) von dem Abgeordneten Dr. Englis und Genossen ein Gesetzentwurf über die Versorgung des

Landes mit Elektrizität eingebracht. Dieser Entwurf sieht vor, daß das dem Lande vorzubehaltende Recht auf Benutzung der öffentlichen Gemeinde- und Bezirksstraßen, Wege und Plätze, einer einzelnen Aktiengesellschaft soll übertragen werden dürfen, welche sich den im Gesetz normierten Verpflichtungen, namentlich der Verbindlichkeit zum Ausbau eines Netzes von Zentralen und zur Übernahme der bestehenden Werke, unterwirft. Die Gesellschaft soll den öffentlichen Kredit des Landes genießen und ein Vorrecht für die Ausnutzung von Wasserkräften haben.

Für **Norwegen**[5]) ist von der Wasserfallkommission im Januar 1913 ein Gesetzentwurf vorgelegt, demzufolge elektrische Kraftleitungen ohne Konzession nur vom Staat sollen angelegt werden können. Der Entwurf ist noch nicht fertig behandelt, die in ihm enthaltenen Anschauungen dienen der Regierung aber auch jetzt schon zur Richtschnur.

Endlich ist in **England**[6]) die Electric Lighting Bill von 1914 durch ein Mitglied des Unterhauses eingebracht worden, welche, wenn sie Gesetz werden sollte, eine wesentliche Ausdehnung der elektrischen Beleuchtung in den Privathäusern wahrscheinlich macht[7]).

Gerichtsentscheidungen. Zur Legung eines Kabels durch einen im Privateigentum stehenden öffentlichen Weg hat das sächsische Oberverwaltungsgericht[8]) die Einholung der Genehmigung auch der Gemeinde für erforderlich erachtet.

Die Besitzstörungsklage des Grundstückseigentümers gegen die Spannung von Leitungsdrähten durch den Luftraum über dem Grundstück ist durch die oberste österreichische Instanz[9]) für unzulässig erklärt, weil das Gesetz nur den faktischen Besitz schütze, der Eigentümer aber in einer Höhe von 8 m über dem Grundstück Eigentümerhandlungen nicht vorgenommen habe.

Elektrizitätswerke.

Solange die Verhältnisse der Elektrizitätswerke nicht durch Gesetz geregelt sind, sondern rein auf vertraglicher Grundlage beruhen, sind sicher einzelne durch Richterspruch gefällte Entscheidungen von allgemeinem Interesse. In Betracht kommt hier ein Urteil des Oberverwaltungsgerichts zu Dresden vom 8. April 1914, welches einen zwischen der Stadt Dresden als Rechtsnachfolgerin der Gemeinde Cotta mit dem Elektrizitätsverband E. W. Elbtal zu Cossebaude schwebenden Streit endgültig zuungunsten der Stadt Dresden entschied. Das Oberverwaltungsgericht[10]) erkannte dahin, daß der Ausdruck, die Verbandsgemeinde verpflichte sich bis 1943, weder selbst andere mit dem Verbandswerk nicht in Zusammenhang stehende elektrische oder sonstige „Kraft- oder Lichtanlagen“ im Bezirk der Verbandsgemeinden einzuführen, noch Dritten dies zu gestatten, vom Verband und der Verbandsversammlung seinerzeit dahin verstanden sei, daß man darunter ganz allgemein Kraft und Licht, also auch zu Koch- und Heizzwecken, verstanden habe. Es wurde also Dresden verboten, in Cotta Gas zu Koch- oder Heizzwecken einzuführen.

Nach einer Entscheidung des Obersten bayerischen Landesgerichts[11]) vom 17. April 1914 braucht sich eine Gemeinde, die mit einer Gesellschaft einen Vertrag geschlossen hat, nach welchem die Gesellschaft sich verpflichtet hat, ein Elektrizitätswerk in der Gemeinde zu errichten, nicht gefallen zu lassen, daß sie mit nur in die Gemeinde zugeleitetem Strom versorgt wird, da nach dem Inhalt des Konzessionsvertrages die Errichtung eines Werks in der Gemeinde und nicht nur die Stromversorgung Gegenstand der Vereinbarung war.

In Österreich hat eine Entscheidung des Ackerbauministers[12]) vom 14. November 1913 Genugtuung hervorgerufen, in welcher gegen die K. K. Landesregierung Kärnten festgestellt wurde, daß eine Gemeinde, die ein altes und unbefristetes Wasserrecht habe und die Wasserkraftanlage für elektrischen Betrieb ausbaue, die Kraft auch weiterhin unbefristet ausnutzen dürfe, wenn

sie die Änderungen innerhalb des Rahmens und der Grenzen ihres früheren Wasserrechts ausgeführt und die das Maß dieses Rechts individualisierende Kapazität der Stau- und Einlaßvorrichtungen gegen früher keine Änderung erfahren habe.

Für die rechtliche Beurteilung der Rechtstellung eines Elektrizitätswerks ist eine Entscheidung des Reichsgerichts[13]) vom 7. April 1914 von grundlegender Bedeutung. Danach wird es als nicht im Widerspruch mit der Gemeindeordnung stehend erklärt, wenn eine Stadt für das gesamte im Eigentum der Stadt stehende Grundgebiet einem einzelnen das alleinige Stromabgaberecht einräumt. Es sei damit keine im Sinne der §§ 7 und 10 der Gewerbeordnung unzulässige ausschließliche Gewerbeberechtigung eingeführt, es sei dies vielmehr lediglich als eine tatsächliche und rechtlich nicht zu beanstandende Folgeerscheinung eines zulässigen privatrechtlichen Vertrages und damit eine tatsächliche Monopolstellung der Berechtigten in der Stadt eingetreten.

Von großer Bedeutung ist die Entscheidung des Reichsgerichts[14]) vom 8. Juli 1913 über die rechtliche Beurteilung des Leitungsnetzes im Verhältnis zur Zentrale. In einem früheren Fall hatte das Reichsgericht[15]) unter der Herrschaft des preußischen Landrechts das Leitungsnetz als Bestandteil des Grundstücks, auf dem die Zentrale steht, erklärt. Diese Anschauung wurde neuerdings verlassen, und die Eigenschaft der Transformatoren und der Leitungsanlage als selbständige Sachen anerkannt. Damit ist das oberste Gericht der Anschauung gefolgt, die die wirtschaftliche Entwicklung der Zentralen unbedingt notwendig machte. Denn wie würden sich im Anschluß an die großen Überlandzentralen selbständige Leitungsgenossenschaften haben bilden können, wenn mit dem Augenblick der Verbindung des genossenschaftlichen Leitungsnetzes mit dem Netz der Zentrale das Eigentum der Genossenschaft an ihren Anlagen zugunsten des Eigentümers der Zentrale untergegangen wäre! Mit der Entscheidung des Reichsgerichts über die Selbständigkeit der Leitungsanlagen ist nunmehr aber die Frage zur Erörterung gekommen, welche Grundsätze für die Verstempelung eines Werkverdingungsvertrags betreffend die Herstellung eines Leitungsnetzes anzuwenden sind.

Die vorerwähnte oberstrichterliche Entscheidung war durch einen Streit darüber veranlaßt worden, ob bei dem Verkauf einer elektrischen Zentrale der Immobiliarstempel auch für das Leitungsnetz zu entrichten sei. Weil das Leitungsnetz aber nicht als Bestandteil der Zentrale, sondern Transformatoren und Drähte für selbständige Sachen erklärt wurden, so wurde damit auch nur der billigere Mobiliarstempel als erforderlich erachtet. Eine andere, den Anschauungen des Verkehrs Rechnung tragende Entscheidung ist das Urteil desselben Gerichts[16]), nach welchem Stromlieferungsverträge als Verträge über die Lieferung von Mengen von Waren oder Sachen, wenn der Strom von dem einen der Kontrahenten selbst erzeugt wird, für stempelfrei erklärt worden sind. Es ist sehr erfreulich, daß diese Frage nunmehr endgültig zur Entscheidung gebracht ist. Für Österreich ist durch das Urteil des obersten Gerichtshofes[17]) vom 28. Dezember 1910, Rv. I. 1086/10, der Stromlieferungsvertrag schlechthin als Kaufvertrag über eine bewegliche, verbrauchbare Sache anerkannt, für den demnach auch die für Mobilien bestimmte sechsmonatliche Rügefrist Anwendung findet.

Die Frage der Bestandteilseigenschaft einer elektrischen Kraftanlage ist durch das Reichsgericht[18]) mit Bezug auf eine in einer Meierei hergestellte elektrische Einrichtung im einzelnen Fall verneint worden.

An verschiedenen Stellen gemachte schmerzliche Erfahrungen haben die Erörterung der Frage ausgelöst, wie sich ein Elektrizitätswerk gegen Verluste seiner Strombezugsforderungen bei Eintritt des Konkurses des Abnehmers schützen kann. Die Stadt Neuhaldensleben sucht dies Ziel dadurch zu erreichen, daß sie ein behördlich bestätigtes Ortsstatut erlassen hat, durch das sie den Forderungen für Strombezug die Eigenschaft öffentlicher Abgaben und damit ein Vorrecht im Konkurse beizulegen sucht[19]). Dieser Versuch wird von anderer

Seite als unmöglich bezeichnet[20]). Über die Bedeutung der Erklärung des Konkursverwalters, daß er für die Konkursmasse in den Stromlieferungsvertrag eintrete, und ihre rechtlichen Folgen gehen die Auffassungen der Gerichte auseinander. Die Mehrzahl der mit dieser Materie befaßt gewesenen Gerichte gewährt für die rückständige Stromgeldforderung nur die Konkursdividende[21]). Das Reichsgericht hat sich mit der Frage noch nicht befaßt. Vom Erwerber eines mit Strombezugsanlage versehenen Anwesens darf ein Gemeindeelektrizitätswerk jedenfalls nicht die Bezahlung des vom Vorgänger verschuldeten Stromgeldes verlangen, ehe es zur Stromlieferung sich bereit erklären will, da ein gemeindliches Elektrizitätswerk als eine ihrer Natur und ihrem Zwecke nach zur allgemeinen Benutzung in der Gemeinde bestimmte Gemeindeanstalt zu erachten ist[22]).

Von größter Bedeutung für den Konzessionsnehmer für ein Gas- oder Elektrizitätswerk ist nicht selten die Frage, ob er ohne Genehmigung der Konzessionserteilers berechtigt sei, seine Rechte und Pflichten auf einen Dritten zu übertragen. Das Reichsgericht hat in der Entscheidung vom 21. Mai 1913 erklärt, daß Verträge einer Gemeinde mit einem Dritten auf Lieferung von Gas oder elektrischem Strom ein Vertrauensverhältnis darstelle, so daß also die Erfüllung durch einen Erfüllungsvertreter unzulässig sei. Dagegen kämpft Eckstein[23]), der sogar eine Verpflichtung der Gemeinde annimmt, im Fall der Übertragung der Konzession an jemand anders, der dieselbe Gewähr für die Erfüllung biete, den Konzessionserwerber aus dem Vertrage völlig zu entlassen, falls nicht besondere Umstände eine Beeinträchtigung der Rechte der Gemeinde dartun. In Frankreich ist durch eine Entscheidung des Conseil d'Etat[24]) vom 14. Februar 1913 festgestellt, daß eine Ausnutzung der Klausel, eine Übertragung des Vertrages bedürfe der Genehmigung der Gemeinde, zu pekuniären Vorteilen für die Gemeinde unzulässig sei.

Paul Bougault, Advokat am Appellationsgericht in Lyon, erörtert in mehreren Abhandlungen einzelne, die Elektrizitätswerke angehende Rechtsmaterien. So behandelt er[25]) auf Grund eines Beschlusses des Conseil d'Etat vom 3. Dezember 1913 das Recht des Präfekten, den Beschluß des Maire, nach welchem einem Elektrizitätswerksunternehmer die Benutzung der öffentlichen Straßen nur für die Legung von Kabeln, und nicht auch zum Spannen von Drähten gestattet sein sollte, was nach Lage der Dinge einer gänzlichen Ablehnung gleichkam, aufzuheben. In einem andern Aufsatz desselben Autors[26]) wird eine Entscheidung des Appellhofes zu Toulouse vom 15. Juli 1913 erörtert. Eine Gemeinde hatte einem Gaswerk die Konzession zur Versorgung mit Licht und einem Elektrizitätswerk die Konzession zur Versorgung mit Kraft gewährt. Stromabnehmer hatten den zu Kraftzwecken bezogenen Strom zu Lichtzwecken verwendet. Das Gaswerk klagte deswegen gegen die Gemeinde und auch gegen das Elektrizitätswerk und drang mit seiner Klage durch. Schließlich erörtert Bougault in einer dritten Abhandlung[27]) die Rechtsverhältnisse, die sich durch die stillschweigende Fortsetzung eines für eine bestimmte Zeit abgeschlossenen Stromlieferungsvertrages über den Endtermin hinaus ergeben, und zwar dies in Anlehnung an die im code civil enthaltenen Bestimmungen über die relocatio tacita.

Haftpflicht. Für die den Elektrizitätswerken obliegende Haftpflicht sind einzelne Entscheidungen von Interesse, nämlich:

Ein 6jähriger Knabe fand die Tür einer Transformatorensäule offenstehend, er gelangte mit dem Arm hinein und wurde schwer verletzt. Entgegen seiner Auffassung in einem früheren Fall (Entsch. v. 9. Mai 1912) gelangte das Reichsgericht[28]) zu der Auffassung, daß gegen die niedrige Anbringung der Tür — 30 bis 50 cm Türunterkante über dem Erdboden — nichts zu bemängeln sei, da der an der Stromanlage beschäftigte Arbeiter vom Erdboden aus auch die obersten Sicherungen gut müsse bedienen können.

Durch Berührung eines Drahtes, der über eine Bahnsteighalle führte, war ein Arbeiter trotz wiederholter Warnungen zu Schaden gekommen. Der Zwi-

schenraum zwischen den Drähten und dem Dach entsprach den Vorschriften, wie sie bei Gestellung der Anlage bestanden hatte. Später waren diese dahin geändert worden, daß die Starkstromleitungen in unerreichbarer Höhe über Dächer usw. gezogen sein müssen. Das Oberlandesgericht nahm unter Billigung des Reichsgerichts[29]) an, daß kein Verschulden darin zu finden sei, daß die Anlage nicht den neueren Vorschriften entsprechend umgeändert worden sei. Indessen habe dem Eigentümer der Anlage bekannt sein müssen, daß die Anlage den Verbandsvorschriften nicht mehr entspreche, er hätte also anderweitige Maßregeln treffen müssen, um den Eintritt eines Schadensfalls zu verhindern, und wegen dieser Unterlassung hafte der Eigentümer für den entstandenen Schaden.

Mit der Abgrenzung der Haftpflicht einer Gemeinde als Betriebsunternehmerin eines Elektrizitätswerkes und der ihr obliegenden Pflicht zur Sicherung des Straßenverkehrs gegen Gefahren beschäftigt sich die Entscheidung des Reichsgerichts[30]) vom 18. November 1913.

The Electrical Review[31]) beschäftigt sich mit der Haftpflicht des Auftraggebers und des Unternehmers für die Folgen von Körperverletzungen in elektrischen Anlagen während der Herstellung der Anlage und nach ihrer Inbetriebnahme auf Grundlage der allgemeinen Vertragsbedingungen der Elektrizitätswerke. Von Interesse ist ein in diesem Aufsatz erwähnter Fall, wo Schade dadurch herbeigeführt war, daß in einer Badeanstalt die Metallrohre der Badeanlage nicht geerdet waren. — Nicht nur für die Verhältnisse der Elektrotechnik, sondern von allgemeiner Bedeutung sind die in einem zweiten Aufsatz derselben Zeitschrift[32]) erörterten Rechtsverhältnisse des Unternehmens gegenüber dem Generalunternehmer und dem Auftraggeber.

Die im Code civil art. 1733 enthaltene Haftung des Mieters für Brandschäden, soweit sie nicht durch höhere Gewalt, Zufall, durch einen Fehler der Bauart oder durch Übertragung von einem Nachbarhause entstanden sind, bot in ihrer Anwendung auf die durch Kurzschluß entstandenen Brände Schwierigkeiten. Die Richtlinien, die die Rechtsprechung für diese Anwendung aufgestellt hat, werden von dem Pariser Advokaten Dr. Blachère[33]) erörtert.

Diebstahl an elektrischem Strom. Von strafrechtlichen Entscheidungen sind die folgenden von Interesse: Ein Ingenieur hatte sich durch Verwendung zweier Silberdrähte einen unerlaubten Fernsprechanschluß hergestellt. Er wurde wegen Vergehens gegen das Reichsgesetz von 1909 wegen widerrechtlicher Entziehung von elektrischer Arbeit verurteilt[34]). Die gleiche Verurteilung erfolgte in einem ganz ähnlich liegenden Fall, bei dem freilich infolge Verschlingung der Drähte die Anlage nicht zum Funktionieren gekommen war. Hier hatte zunächst die Strafkammer wegen unbefugter Errichtung einer Telegraphenanlage auf Grund des Reichstelegraphengesetzes verurteilt. Das Urteil wurde in der Revisionsinstanz aufgehoben. Nunmehr erfolgte Verurteilung wegen versuchter Entziehung elektrischer Arbeit. Das Reichsgericht[35]) erklärte aber, daß nicht nur der Versuch einer strafbaren Handlung, sondern eine vollendete Handlung vorliege.

Elektrische Bahnen. Von Bedeutung ist der gemeinsame Erlaß des preußischen Ministers der öffentlichen Arbeiten und des Ministers des Innern[36]) vom 15. Januar 1914 betreffend Ausführungsanweisung zum Kleinbahngesetz und Bau- und Betriebsvorschriften für nebenbahnähnliche Kleinbahnen mit Maschinenbetrieb sowie für Straßenbahnen mit Maschinenbetrieb. Die Anweisung ist am 1. April 1914 in Kraft getreten.

Eine Übersetzung des französischen Kleinbahngesetzes vom 31. Juli 1913 wird von G. Faßbender[37]) gegeben mit einer Einleitung dazu, in welcher die Unterschiede des neuen Gesetzes von dem bis dahin geltenden Rechtszustande dargestellt werden.

Patentgesetz. Aus der reichhaltigen Literatur über den Entwurf eines neuen deutschen Patentgesetzes seien die Abhandlungen von Cahn[38]) und Isay[39]) genannt, in denen sich beide Autoren gegen die einen Systemwechsel enthaltenden Bestimmungen des Entwurfs wenden.



[1]) ETZ 1914, S 364. — [2]) El. Masch.-Bau 1914, S 542 (Wortlaut des Entwurfs). — [3]) Cantor, ETZ 1914, S 921; Hartmann, El. Masch.-Bau 1914, S 547; Rieger, El. Masch.-Bau 1914, S 576; Glaser, El. Masch.-Bau 1914, S 612. — [4]) El. Masch.-Bau 1914, S 286. — [5]) ETZ 1914, S 472. — [6]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 389 (Wortlaut). — [7]) ETZ 1914, S 962. — [8]) Sächs. Ober-Verwalt.-Gericht, I. Senat, Nr 147; ETZ 1914, S 132. — [9]) Österr. O.G.H.E. v. 27. 11. 1907, Nr 13907; ETZ 1914, S 23. — [10]) Sächs. Ober-Verwalt.-Gericht, Urt. v. 8. 4. 1914; El. Kraftbetr. 1914, S 378. — [11]) Bayer. Oberstes Landesgericht, Das Recht 1914, Nr 1789; El. Kraftbetr. 1914, S 600. — [12]) Österr. Ackerbauminister, Zhl. 46544; El. Masch.-Bau 1914, S 362. — [13]) Reichsgericht, Aktenzeichen VII. 26/14; El. Kraftbetr. 1914, S 502. — [14]) Reichsgericht, Jur. Woch. 1913, S 1046. — [15]) Reichsgericht, Entsch. Bd 48, S 267. — [16]) Reichsgericht, Aktenz. VII. 267/14; Berl. Tagebl. v. 25. 11. 14, Morgenbl. — [17]) Österr. Oberst. Gerichtshof, ETZ 1914, S 572. — [18]) Reichsgericht, Entsch. v. 12. 3. 1914 (V. 475/13). — [19]) Kommunale Rundschau v. 21. I. 1914. — [20]) ETZ 1914, S 340. — [21]) Eckstein, ETZ 1914, S 571. — [22]) Bayer. Verwaltungsgerichtshof, Entsch. v. 5. 12. 1913; ETZ 1914, S 456. — [23]) Eckstein, ETZ 1914, S 23. — [24]) Conseil d'Etat, ETZ 1914, S 340. — [25]) Bougault, Lum. él. R 2, Bd 25, S 786. — [26]) Bougault, Lum. él. R 2, Bd 25, S 494. — [27]) Bougault, Lum. él. R 2, Bd 25, S 683. — [28]) Reichsgericht, Urt. v. 18. 4. 1914, VI. 118/14; El. Kraftbetr. 1914, S 423. — [29]) Reichsgericht, Urt. v. 5. 1. 1914 (VI. 519/13); El. Kraftbetr. 1914, S 118. — [30]) Reichsgericht, ETZ 1914, S 455. — [31]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 635. — [32]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 33. — [33]) Blachère, El. Kraftbetr. 1914, S 160 nach Lum. él. v. 20. 12. 13. — [34]) Reichsgericht, Entsch. v. 16. 3. 1914 (3 D. 1305/13); El. Kraftbetr. 1914, S 275. — [35]) Reichsgericht, Aktenz. 3 D. 1282/13; ETZ 1914, S 509; El. Kraftbetr. 1914, S 257. — [36]) Preuß. Min. d. öff. Arb. u. d. In., Zschr. Kleinb. 1914, S 194. — [37]) Faßbender, Zschr. Kleinb. 1914, S 1. — [38]) Cahn, Die Ansprüche des angestellten Erfinders Münch 1913; ETZ 1914, S 131. — [39]) Isay, Das Erfinderrecht im vorliegenden Entw. des Pat.-Ges., Berlin 1914; ETZ 1914, S 341.

Technisch-Wirtschaftliches.

Von Syndikus Dr. F. Fasolt.

Öffentliche Elektrizitätsversorgung.

Inland. Besonderes Interesse beanspruchen die Konzessionsverträge, welche der Bayerische Staat mit Elektrizitätsgesellschaften abgeschlossen hat[1]). Sie erfuhren eine eingehende Kritik durch Schiff[2])[3]), auf welche die Handelskammer Nürnberg erwiderte[4])[5]).

Die Stellung des Staates gegenüber den Entwicklungstendenzen in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung und den Monopolbestrebungen auf diesem Gebiete wurde am 4., 5. und 6. März 1914 im preußischen Hause der Abgeordneten behandelt[6]). Die Erörterungen fanden ihren Abschluß durch Annahme des Antrags Hammer[7]), in welchem die Staatsregierung ersucht wird, baldtunlichst wirksame Maßnahmen, ev. auf gesetzlichem Wege, zu treffen, welche geeignet sind, einerseits die elektrotechnische Kleinindustrie und die Installateure in ihren berechtigten gewerblichen Interessen, sowie anderseits die Stromverbraucher gegenüber der übermächtigen Geschäftsgebarung der Elektrizitätsgesellschaften zu schützen. Auch in der Tagespresse wurde ein Eingreifen des Staates in die öffentliche Elektrizitätsversorgung gefordert[8]).

Auf der andern Seite wird die Einführung eines Genehmigungsrechtes der Gemeindeverbände als ausreichend erachtet[9]).

Die Streitfrage, ob öffentliche Elektrizitätswerke zweckmäßigerweise in privater oder kommunaler oder in sog. gemischt-wirtschaftlicher Form betrieben werden sollen, wurde im Zusammenhang mit der Frage der Verstadtlichung der Berliner Elektrizitätswerke in zahlreichen Artikeln der Berliner Tagespresse und in Broschüren erörtert. Besonders eingehende Untersuchungen veröffentlichte Emil Schiff, Grunewald[10]).

Pietzsch[11]) sieht eine Überlegenheit des Privatbetriebes gegenüber dem kommunalen Betrieb lediglich in den weitreichenden Beziehungen, welche dem Großkapital zur Verfügung stehen und in dem Umstand, daß der Privatbetrieb keine Rücksicht auf die Allgemeinheit zu nehmen hat.

Die beiden Kammern der hessischen Landstände erörterten insbesondere die Zweckmäßigkeit der Gründung von Zweckverbänden zum Betriebe öffentlicher Elektrizitätswerke. Die Zweite Kammer brachte ihre Ansicht in folgendem Beschluß zum Ausdruck: „Zur Vermeidung von Trustbildungen und sonstigen wirtschaftlichen Mißständen und Schädigungen bei Versorgung der Gemeinden mit Elektrizität, Gas, Wasser u. dgl. hält die Zweite Kammer der Landstände die Errichtung von Zweckverbänden im Sinne der Artikel 195 ff. der LGO unter Ausschluß der Beteiligung privater Unternehmer für die zweckmäßigste Form solcher Unternehmungen und richtet daher an Großherzogliche Regierung das Ersuchen, in allen eintretenden Fällen auf die Bildung von Zweckverbänden hinzuwirken und die Gemeinden dabei mit Rat und Tat zu unterstützen."[12]) Die Erste Kammer kam zu einem ähnlichen Ergebnis. Ihr Beschluß lautet: „Zur Versorgung der Gemeinden insbesondere mit Elektrizität und Gas ist den Gemeinden zu empfehlen, sich zu Provinzialverbänden oder Zweckverbänden unter Führung einer größeren, durch den Besitz entsprechender Werke hierzu bereits besonders befähigten Stadt zusammenzuschließen oder sich einer bestehenden städtischen Überlandzentrale anzuschließen. Nicht zu empfehlen ist der Zusammenschluß von ländlichen Gemeinden allein ohne Führung einer größeren Stadt zu solchen Zweckverbänden, ebensowenig der Zusammenschluß von ländlichen Gemeinden und einer Privatgesellschaft oder der Abschluß von Lieferungsverträgen von ländlichen Gemeinden mit einer Privatgesellschaft."[13])

Auch der Deutsche Städtetag befaßte sich auf seiner Tagung in Köln a. Rh. am 15. und 16. Juni 1914 mit dem Thema „Die Verbindung von Städten und Privatkapital für wirtschaftliche Unternehmungen". Das Ergebnis waren die nachstehenden Leitsätze, welche die gemischt-wirtschaftliche Unternehmung nur dort empfehlen, wo ein kommunaler Betrieb für wirtschaftliche Unternehmungen der Städte nicht angängig ist: „Soweit ein kommunaler Betrieb für wirtschaftliche Unternehmungen der Städte nicht angängig ist, wird an Stelle der früher üblichen Konzessionsverträge eine Verbindung von Städten und Privatkapital zu wirtschaftlichen Unternehmungen für die deutschen Städteverwaltungen bei solchen Betrieben in Frage kommen, deren Leitung vorwiegend nach kaufmännischen oder industriellen Gesichtspunkten zu erfolgen hat. Besonders geeignet ist solche Verbindung bei Unternehmungen, die den Umkreis einer Einzelgemeinde überschreiten. — Auf jeden Fall erscheint es wünschenswert, daß die Kommunalverbände in den gemeinsamen Unternehmungen die Führung behalten. Notwendig ist dies in allen Fällen, in denen die gemeinsamen Unternehmungen ein rechtliches oder tatsächliches Monopol haben. Die nähere Ausgestaltung der rechtlichen Beziehungen zwischen Städten und Privatkapital hängt von der Lage des Einzelfalls ab. — Der Deutsche Städtetag spricht sich aber dagegen aus, daß auf dem Wege der Reichs- oder Landesgesetzgebung bestimmte Rechtsformen oder -normen für die Verbindung von Gemeinden und Privatkapital geschaffen werden[14])". Die dem Deutschen Städtetag als Material für seine Verhandlungen über das vorgenannte Thema von Hans Ludewig vorgelegte statistische Untersuchung „Elektrizitätswerke in öffentlicher und privater Verwaltung", in der der Verfasser auf Grund der Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke die Überlegenheit des Privatbetriebes über den Kommunalbetrieb nachzuweisen versucht, erfuhr auf dem Städtetag selbst, wie auch nachträglich in der Fachpresse wegen der angewandten Untersuchungsmethoden eine heftige Kritik[15])[16]). Eine formelmäßige Bezeichnung der gemischt-wirtschaftlichen Unternehmungen nach Maßgabe der Höhe des Einflusses der privaten oder der öffentlich-rechtlichen Körperschaften schlägt Thierbach vor[17]), wogegen Fasolt[18]) darauf hinweist, daß

der Einfluß der einzelnen Gesellschafter nur unter Berücksichtigung aller rechtlichen Beziehungen zwischen den Gesellschaftern und ihrer Rechte gegenüber dem Unternehmen sich feststellen und daher formelmäßig sich nicht zum Ausdruck bringen lasse.

Die wichtige Frage, ob die öffentlichen Interessen durch Entsendung von Vertretern der öffentlich-rechtlichen Körperschaften in den Aufsichtsrat einer gemischt-wirtschaftlichen Unternehmung ausreichend gewahrt werden können, verneint Matthaei, Hamburg[19]). Zu dem gleichen Ergebnis kommt Junck, Leipzig, in einem der Vereinigung elektrotechnischer Spezialfabriken erstatteten Gutachten.

Die Frage der gesetzlichen Zulässigkeit von Materialmonopolen bei öffentlichen Elektrizitätswerken hat eine weitere Klärung durch ein Urteil des Reichsgerichts vom 19. Oktober 1914 erfahren. Das Reichsgericht hat sich hierin wieder auf den Standpunkt gestellt, daß Materialmonopole gegen das geltende Recht nicht verstoßen.

Die Verhandlungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke mit dem Verband der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland über die Bedingungen für die Zulassung der Installateure gelangten zum Abschluß[20]).

Die Beziehungen zwischen den Elektrizitätswerken und den Elektroinstallateuren wurden auch auf dem Diskussionsabend der Geschäftsstelle für Elektrizitätsverwertung[21]) behandelt.

Über „Die Preisbewegung elektrischer Arbeit seit 1898" veröffentlichte Dr.-Ing. Gustav Siegel eine Studie[22]).

Ausland. In den Vereinigten Staaten fanden verschiedentlich Erörterungen über die geschäftlichen Beziehungen zwischen Fabrikanten und Wiederverkäufern statt[23]).

Auch in der Schweiz fanden, veranlaßt durch den Krieg, Verhandlungen zwischen den Lieferanten elektrotechnischer Fabrikate und den Wiederverkäufern statt, die zur Gründung eines Verbandes schweizerischer Lieferanten der Elektrizitätsbranche führten[24]).

Die zweckmäßigste Form der öffentlichen Elektrizitätsversorgung, Staats-, Kommunal-, Privat- oder gemischt-wirtschaftlicher Betrieb, wurde auch in Großbritannien in zahlreichen Artikeln der elektrotechnischen Fachpresse behandelt. Chassock[25]) tritt in einem davon für die Verstaatlichung der öffentlichen Elektrizitätsversorgung, als den einzigen Ausweg, der die vorhandenen Mängel beseitigen könne, ein.

Handelspolitische Beziehungen.

Hier hat der Krieg naturgemäß sehr störend eingegriffen[26]), wozu die im wirtschaftlichen und militärischen Interesse Deutschlands erlassenen Ausfuhrverbote[27]) und die Beschlagnahme der Kupfer- und Messingbestände[28]) ebenfalls beitrugen. Es liegt daher nahe, daß die elektrotechnischen Industrien Großbritanniens und der Vereinigten Staaten versuchen, die bisher von der deutschen Elektrotechnik versorgten Märkte zu gewinnen[29]). Ob jedoch insbesondere die englische elektrotechnische Industrie dazu in der Lage sein wird, erscheint nach ihrer bisherigen Entwicklung und ihrer gegenwärtigen Leistungsfähigkeit sehr fraglich[30]).

Installationswesen.

Anderseits brachte die infolge der abgesperrten Zufuhr hervorgerufene Petroleumnot eine lebhafte Steigerung der elektrotechnischen Installationstätigkeit, die noch durch die Bemühungen zahlreicher Elektrizitätswerke, Kleinabnehmer durch Installationserleichterungen zu gewinnen, gefördert wurde.

Mit der Frage der Installationserleichterungen für Kleinabnehmer befaßte sich auch die Vereinigung der Elektrizitätswerke auf ihrer Tagung in Freiburg i. Br.[31]).

Leuchtmittelsteuer.

Die deutsche Leuchtmittelsteuer weist im Rechnungsjahre 1913/14 nur ein geringes Mehrerträgnis gegen das Vorjahr auf (16,299 gegen 16,105 Mill. M.) ein Zeichen, daß sie ihren Sättigungsgrad erreicht hat. Gegen das Vorjahr gestiegen ist die Herstellung von Metallfadenlampen, Nernstbrennern und Lichtkohlen mit Leuchtzusätzen. Zurückgegangen ist die Herstellung von Kohlenfadenlampen, Brennern zu Quecksilberlampen, Gasglühkörpern und Bogenlampen-Reinkohlen[32]).

[1]) Bericht über den Stand der Elektrizitätsversorgung in Bayern am Ende des Jahres 1913. Bearbeitet im K. Staatsministerium des Innern. — [2]) Schiff, Gutachten über Konzessionsverträge des Bayerischen Staates mit Elektrizitäts-Gesellschaften, erstattet der Vereinigung elektrotechnischer Spezialfabriken, Berlin. — [3]) Schiff, Entgegnung auf die Denkschrift der Handelskammer Nürnberg zum Gutachten über Konzessionsverträge des Bayerischen Staates mit Elektrizitäts-Gesellschaften. — [4]) Bericht der Handelskammer Nürnberg zu dem Gutachten von Emil Schiff, Grunewald, über Konzessionsverträge des Bayerischen Staates mit Elektrizitäts-Gesellschaften. — [5]) Erwiderung der Handelskammer Nürnberg auf die Entgegnung von Emil Schiff, Grunewald, zu der Denkschrift der Handelskammer Nürnberg. — [6]) Haus der Abgeordneten. Stenographische Berichte über die Sitzungen am 4., 5. und 6. März 1914. — [7]) Haus der Abgeordneten. 22. Legislaturperiode. II. Session, 1914. Drucksache Nr. 186. — [8]) Mehr staatliche Elektrizitätspolitik, Deutsche Tageszeitung v. 28. Februar 1914. — [9]) Szczesny, Die Elektrizitätsmonopole in Gemeinden und Kommunalverbänden, ihre rechtliche Grundlage und deren Änderung, Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, V. Heft. Mai 1914. — [10]) Schiff, Sollen die Berliner Elektrizitätswerke verstadtlicht werden? Berlin 1914. Julius Springer. — [11]) Pietzsch, ETZ 1914, S 566. — [12]) Stenographisches Protokoll der 77. Sitzung der Zweiten Kammer der Landstände vom 5. Dezember 1913. — [13]) Stenographisches Protokoll über die 24. Sitzung der Ersten Kammer der Landstände vom 30. Juni 1913. — [14]) Verhandlungen des Vierten Deutschen Städtetages am 15. und 16. Juni 1914 zu Köln. Berlin 1914. Im Selbstverlage der Zentralstelle des Deutschen Städtetages. — [15]) Technik und Wirtschaft. Dezember 1914. — [16]) Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke, Nr 160, Januar 1915. — [17]) Thierbach, ETZ 1914, S 1013. — [18]) Fasolt, ETZ 1914, S 1069. — [19]) Matthaei, Recht und Wirtschaft, Juni 1914. — [20]) Verhandlungsbericht des Verbandes der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland über die 12. Jahresversammlung zu Dortmund 1914. — [21]) 27. Februar 1914. Vgl. Stenographischen Bericht. — [22]) Siegel, Duncker & Humblot, München und Leipzig 1914. — [23]) El. World Bd 63, S 189, 353, 388, 449. — [24]) Elektroindustrie (Zürich) Nr 17, 18 u. 25. — [25]) Chassock, El. Rev. (Ldn.) Bd 73, S 1017. — [26]) Fasolt, El. Anz. 1914, S 1053. — [27]) Zusammenstellung der Kaiserl. Verordnungen über Aus- und Durchfuhrverbote usw. Bearbeitet im Kaiserlichen Statistischen Amte. — [28]) Deutscher Reichsanzeiger 1915, Nr 26. — [29]) ETZ 1914, S 1044. — [30]) Koch, Technik und Wirtschaft 1914, S 254, 360. — [31]) Mitt. Ver. EW, Okt. 1914. — [32]) Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reichs, 3. Heft, 1914.

Technische Vorschriften und Normalien.

Von Generalsekretär G. Dettmar.

Das Kgl. Preußische Ministerium der öffentlichen Arbeiten hat auf Anregung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker neue „Bedingungen für fremde Starkstromleitungen auf Bahngelände"[1]) herausgegeben, durch welche die Ausführung der Kreuzungen gegenüber den bisherigen Bedingungen vereinfacht und vereinheitlicht wird.

Vom Verband Deutscher Elektrotechniker sind im Jahre 1914 folgende Vorschriften und Normalien beschlossen worden:

Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln[2]). Diese Vorschriften bilden die Grundlage

für den Bau und Betrieb aller elektrischer Starkstromanlagen in Deutschland und sind gleichzeitig auch maßgebend in einer großen Reihe von anderen Staaten. Der jetzige Wortlaut stellt eine Neubearbeitung der schon seit ungefähr 20 Jahren bestehenden Vorschriften dar. — Leitsätze für die Konstruktion und Prüfung elektrischer Starkstromhandapparate für Niederspannungsanlagen (ausschließlich Koch- und Heizapparate)[3]). Hierin sind Anhaltspunkte gegeben, wie Starkstromhandapparate gebaut werden sollen, um Schädigungen der Benutzer zu verhüten. — Merkblatt für Verhaltungsmaßregeln gegenüber elektrischen Freileitungen[4]). Es dient zur Aufklärung der Laien über Freileitungen und wird in Schulen sowie auf dem Lande in großem Umfange verbreitet. — Normalien für die Prüfung von Eisenblech[5]). — Normalien für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen[6]). Sie bilden die Grundlage für die Herstellung isolierter Leitungen und Kabel. Der jetzige Wortlaut ist gegenüber dem bisherigen an verschiedenen Stellen ergänzt und mit Rücksicht auf die Neubearbeitung der Errichtungsvorschriften geändert. — Kupfernormalien[7]). Die Änderung wurde vorgenommen in Hinsicht auf die im Jahre 1913 beschlossenen Internationalen Kupfernormalien. — Normalien für Koch- und Heizapparate in Niederspannungsanlagen[8]). — Leitsätze für Schutzerdungen[9]). Der im vorigen Jahre aufgestellte Wortlaut wurde nach einigen Richtungen hin ergänzt und abgeändert. — Normalien für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen (Schwachstromleitungen)[10]). Es werden hier zum ersten Male Normalien für Schwachstromleitungen aufgestellt. — Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial[11]). Diese Vorschriften sind nach mehrjähriger gründlicher Neubearbeitung mit den Fortschritten des Baues solcher Apparate in Übereinstimmung gebracht und wesentlich erweitert worden. Außerdem wurde die Bestimmung in Einklang mit den neuen Errichtungsvorschriften gebracht. — Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Schaltapparaten für Spannungen bis einschließlich 750 V[12]). Hierfür gilt ebenfalls das vorstehend für Installationsmaterial Gesagte. — Ferner wurden die früher schon aufgestellten Errichtungsvorschriften für elektrische Fernmeldeanlagen und die Prüfvorschriften für Isolierstoffe an einigen Stellen geringfügigen Änderungen unterzogen und den Erläuterungen zu den Leitsätzen über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz wurden noch 3 Anhänge hinzugefügt[13]).

Der Schweizerische Elektrotechnische Verein hat mit Gültigkeit vom 4. August 1914 neue Vorschriften betreffend Vorlagen für elektrische Starkstromanlagen herausgegeben, durch welche die bisherigen Vorschriften ersetzt werden[14]).

Vom Wiener Elektrotechnischen Verein wurden die Bestimmungen über die Ausführung von Freileitungen, welche bisher in den §§ 74 bis 76 der Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen enthalten waren, vorläufig neu redigiert[15]). Die endgültige Regelung der diesbezüglichen Bestimmungen soll erst vorgenommen werden, wenn die Arbeiten des Verbandes Deutscher Elektrotechniker über Freileitungen, an welchen der Elektrotechnische Verein Wien sich beteiligt, zum Abschluß gekommen sein werden.

[1]) Min. d. öff. Arbeiten, ETZ 1914, S 803. El. Kraftbetr. 1914, S 365. — [2]) Verband Dtsch. El., ETZ 1914, S 478, 510, 720. — [3]) VDE, ETZ 1914, S 71, 478. — [4]) VDE, ETZ 1914, S 478. — [5]) VDE, ETZ 1914, S 512. — [6]) VDE, ETZ 1914, S 367, 604. — [7]) VDE, ETZ 1914, S 366. — [8]) VDE, ETZ 1914, S 341, 574. — [9]) VDE, ETZ 1913, S 691, 807; 1914, S 400, 604. — [10]) VDE, ETZ 1914, S 486. — [11]) VDE, ETZ 1914, S 515. — [12]) VDE, ETZ 1914, S 513. — [13]) VDE, ETZ 1914, S 540, 399, 519. — [14]) Schweiz. El. V., Bull. Schweiz. El. Ver. 1914, S 453. — [15]) El. Verein Wien, El. Masch.-Bau 1914, S 221, 343.

A. Elektromechanik.

II. Elektromaschinenbau.

Allgemeines. Von Prof. Dr. Leo Finzi, Aachen. — Gleichstrommaschinen. Von Prof. Dr. Leo Finzi, Aachen. — Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren. Von Chefelektriker Dr. L. Fleischmann, Berlin. — Induktionsmotoren. Von Oberingenieur W. Zederbohm, Berlin. — Wechselstrom-Kommutatormotoren. Von Oberingenieur M. Schenkel, Berlin. — Rotierende Umformer und Gleichrichter, Transformatoren, Elektromagnete. Von Privatdozent Dr. Max Breslauer, Berlin. — Maschinenmessungen. Von Dr.-Ing. Willy Linke, Berlin. — Betrieb: Regelung, Parallelbetrieb, Ein- und Ausschalten (Verfahren). Von Generalsekretär Leo Schüler, Berlin. — Anlasser, Regulierschalter, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin.

Allgemeines.

Von Prof. Dr. Leo Finzi.

Umfang der Maschinenerzeugung. Schon die erste Hälfte des Berichtsjahres stand für die elektrotechnische Industrie, wie aus den Geschäftsberichten der deutschen Großfirmen hervorgeht, im Zeichen eines Konjunkturniederganges. Nimmt man an, daß die Erzeugung von Dynamomaschinen und Transformatoren in den ersten 7 Monaten sich auf der Höhe des Vorjahres gehalten habe und nach dem Ausbruch des Krieges auf etwa 40% dieses Wertes gesunken sei, so ergibt sich für das Jahr 1914 ein Rückgang von etwa 25%. Da dieselbe Schätzung nach einer Zusammenstellung in El. Rev. (Chicago) vom 2. Januar 1915 auch für die Vereinigten Staaten von Amerika gilt, so kann sie wohl für die Gesamtwelterzeugung angenommen werden.

Massenherstellung. Einen Überblick über eine eigenartige Herstellungsweise elektrischer Maschinen gibt Pontecorvo[1]). Gehäuse, Lager, Schilder, Füße, Grundplatten usw. werden aus gewalzten Stahlplatten unter möglichster Ausschaltung von Handarbeit durch Pressen, Stanzen, Rollen und Schweißen hergestellt. Der gewalzte Stahl ist wegen seiner höheren Permeabilität, dem Mangel an Lunkern und Blasen und der größeren Festigkeit dem Stahlguß vorzuziehen. Dieses Verfahren, welches dem amerikanischen Geschmack entspricht und nur für die Massenherstellung von Normaltypen in Betracht kommen kann, wird von der Westinghouse Co. ausgeübt. — Fox[2]) untersucht die an Motoren kleinster Leistung zu stellenden Anforderungen und die bei der Normalisierung und Massenherstellung dieser Motoren zu beachtenden Gesichtspunkte.

Baustoffe. Die Frage, ob eine weitere Entwicklung der elektrischen Maschinen, sei es durch Verbesserung der im Elektromaschinenbau verwendeten Stoffe, sei



es durch Einführung neuer, zu erwarten sei, ist für die nächste Zukunft kaum zu bejahen. — Guillet[3]) berichtet über Versuche, Elektrolyteisenbleche ohne Walzen fabrikmäßig herzustellen. Das Elektrolyteisen, wovon sich Breslauer (JB 1913, S 46) so viel verspricht, scheint danach noch nicht marktfähig zu sein. — Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Transformatorenöle bespricht Brauen[4]). Aus verschiedenen Gründen hält der Verfasser Öle mit aromatischen Kohlenwasserstoffen, wie Harzöl, am geeignetsten.

Theorie und Berechnung. Barbillion[5]) ergänzt eine frühere Veröffentlichung über die Berechnung der induzierten EMKK in verteilten Wicklungen bei zeitlich und räumlich veränderlichen magnetischen Feldern. — Isambert[6]) gibt ein graphisches Verfahren zur Bestimmung der wahren Induktion in Nutenankern an, welches zu dem von Blanc[7]) vor Jahren veröffentlichten nichts Neues bietet. — Blanc[8]) erweitert seine frühere Arbeit durch ein weiteres Anwendungsbeispiel für den Fall, daß die Seiten des Nutenzahnes parallel verlaufen. — Unter der Voraussetzung einer linearen Verteilung der Induktion berechnet Kosizeck[9]) die Amperewindungen und die Eisenverluste trapezförmiger Zähne. — Mit dem magnetischen Widerstand des Luftspaltes und den Amperewindungen für die Zähne beschäftigt sich ebenfalls Douglas[10]). — Ein Annäherungsverfahren, welches bei Wechselstrom die Größe und die Form des Magnetisierungsstromes zu berechnen gestattet, wird von Czepek[11]) angegeben. Er benutzt, im Gegensatz zu Bragstad und Liska, welche die mit Wechselstrom bestimmten (dynamischen) Magnetisierungskurven zugrunde legen, die mit Gleichstrom bestimmten (statischen) Magnetisierungskurven der Eisenstoffe, welche den magnetischen Stromkreis bilden, und führt eine dritte Harmonische der Grundfrequenz ein, die infolge der Hysterese auftritt und eine Verzerrung des Magnetisierungsstromes verursacht. Zum Schlusse der Arbeit werden zur Bestätigung der Richtigkeit des Verfahrens einige Versuche mitgeteilt.

Eisenverluste. Die bei elektrischen Maschinen längst beobachtete erhebliche Unstimmigkeit zwischen den berechneten und den gemessenen Eisenverlusten wurde früher im allgemeinen auf die Zunahme der Wirbelströme durch die Nutenbearbeitung sowie auf Zahnpulsations- und Oberflächenverluste zurückgeführt. Die von diesen Ursachen herrührende Erhöhung der Verluste ist jedoch überschätzt worden, und die hauptsächliche Erklärung für die Verlustvergrößerung dürfte vielmehr in der verschiedenen Art der Ummagnetisierung bei Transformatoren und Maschinen zu suchen sein. Während die Wechselstromhysterese, mag man sie nach Steinmetz durch die Formel $V_h' = cB^{1.6}$ oder nach Richter durch die Formel $V_h'' = aB + bB^2$ berechnen, mit der Induktion wächst, verhält sich die drehende Hysterese ganz anders. Sie steigt zuerst, besitzt ein Maximum für $B = 15000$, wobei sie etwa doppelt so groß ist als die Wechselstromhysterese, und fällt dann wieder, um bei $B = 24000$ zu Null zu werden. Dieses Verhalten der drehenden Hysterese, welches aus der Ewingschen Theorie des Magnetismus gefolgert werden kann und von vielen Forschern experimentell nachgewiesen wurde, dürfte heute, obschon es von anderen, die in ihren Versuchen nur scheinbar oder teilweise mit drehender Hysterese zu tun hatten, verneint wurde, nicht mehr bezweifelt werden. Die Wirbelstromverluste sind ebenfalls, je nach der Ummagnetisierungsart, verschieden. Nun ist das Eisen einer Maschine zum Teil der linearen, zum Teil der drehenden Ummagnetisierung unterworfen. Auch bei reinem Drehfeld im Luftspalt ist in den Zähnen, abgesehen von Streulinien, ein reines Wechselfeld vorhanden. Dasselbe gilt z. B. für die Statoraußenkante und die Rotorinnenkante eines Drehstrommotors. Die Schwierigkeit liegt darin, die räumliche und zeitliche Feldverteilung und damit den Anteil beider Verluste an dem Gesamtverlust zu bestimmen.

Einen Beitrag zu dieser Frage liefert Ytterberg[12]), welcher die Eisenverluste in Induktionsmotoren bei elliptischen Drehfeldern mit verschiedener Elliptizität (als Grenzfall bei zirkularen Drehfeldern und reinen Wechselfeldern) experimentell bestimmt und Formeln zur Berechnung der Verluste unter der

Voraussetzung einer sinusförmig über den Polbogen verteilten Induktion aufstellt. Es ist zu wünschen, daß in dieser Richtung weiter gearbeitet wird.

Mit der Vorausberechnung der Eisenverluste in Transformatoren und Maschinen vom praktischen Standpunkte aus beschäftigt sich Fischer-Hinnen[13]). Seinem Vorschlag, die Abhängigkeit der Hystereseverluste von der Induktion als eine quadratische anzunehmen, wird man wohl nach dem Gesagten nicht beipflichten. Daß die Zusammenfassung des spezifischen Eisenwiderstandes mit anderen Konstanten bei der Wirbelstromberechnung nur bei gleichbleibender Eisensorte und Temperatur zulässig ist, ist ja selbstverständlich. — Nach der Erfahrung des Referenten steigt der spezifische Widerstand des legierten Eisenbleches mit dem Siliziumgehalt ungefähr nach der Abb. 1. — Allerdings stellten Ball und Ruder[14]) fest, daß die Wirbelstromverluste in Stahlblechen nicht, wie allgemein angenommen wird, umgekehrt proportional dem spezifischen Widerstand, sondern langsamer sinken. — Versuche über den Einfluß der Periodenzahl und der Induktion auf die Größe der Eisenverluste hat Shepard[15]) veröffentlicht.

Zusätzliche Kupferverluste. Bei der immer weiter gehenden Steigerung der in einer Maschine umgesetzten Leistung und folglich der Stromstärke im

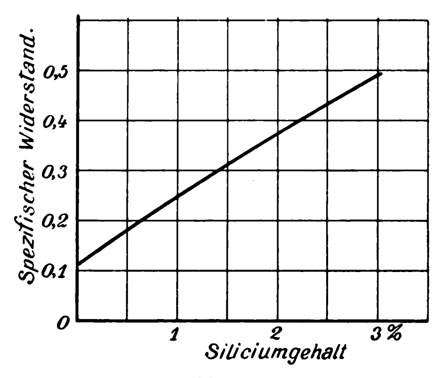


Abb. 1.
Spezifischer Widerstand des legierten Eisenblechs.

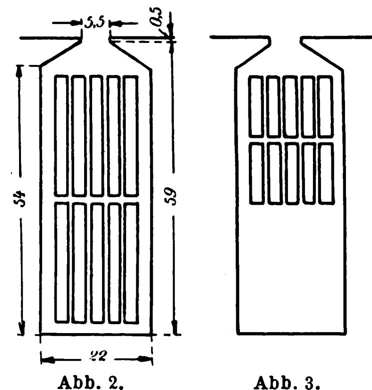


Abb. 2. Abb. 3.
Nutenfüllungen.

Stab spielt die Frage der Kupferverluste eine wichtige Rolle. Die im vorigen Jahrbuche besprochene Arbeit Rogowskis[16]) über die zusätzlichen Kupferverluste bei Wechselstrommaschinen durch die ungleichmäßige Stromverteilung über den Stabquerschnitt hat im Berichtsjahr eine ausführliche Erörterung dieses Gegenstandes angeregt. Dem Vorwurf Rogowskis, daß die Fieldsche und Emdesche Arbeit nicht Gemeingut der Ingenieure geworden seien, wird von verschiedenen Seiten widersprochen.

So teilt Rüdenberg[17]) mit, daß für die günstigste Stabhöhe δ_{opt} bei den SSW schon seit geraumer Zeit die mit der Rogowskischen gleiche Formel

$$\delta_{opt} = \sqrt{\frac{b_n}{b_{st}} \frac{50}{c} \frac{\sqrt{3}}{n}}$$

im Gebrauch ist. Dabei ist b_n die Nutenbreite, b_{st} die Stabbreite, c die Frequenz und n die Zahl der übereinander liegenden Stäbe.

R. Richter[18]) gibt Messungen des Wechselstromwiderstandes bekannt, die zwecks Prüfung der Fieldschen Formel im Jahre 1908 im Versuchsraum obiger Firma ausgeführt wurden. Der Anker eines Wechselstromkommutatormotors wurde zweimal gewickelt, und zwar nach Abb. 2 u. 3. Jedesmal waren die nebeneinander liegenden Stäbe parallel, die übereinander liegenden in Reihe nach Art der Trommelwicklung bei Gleichstrommaschinen geschaltet. Der

Unterschied zwischen beiden Anordnungen lag also nur in der Kupferhöhe. Die Messung bei ausgebautem Anker, Stromstärken von 0 bis 500 A und Frequenzen von 0 bis 60 Per/s ergab für die Frequenzen von 20 Per/s aufwärts größere Verluste bei der Wicklung 2 als bei der Wicklung 3. Die Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Rechnung war eine sehr gute und beweist den geringen Einfluß der halbgeschlossenen Nuten. Im Dauerbetrieb bei 25 Per/s blieb die Maschine mit der Wicklung 2 infolge der größeren Wärmeübergangsfläche zwischen Kupfer und Eisen etwas kühler als bei der Wicklung 3, obwohl die Verluste bei letzterer etwas geringer waren. — Daran anknüpfend bringt Rogowski[19]) die abkühlende Oberfläche und die Temperaturerhöhung in eine mathematische Beziehung zur Kupferhöhe und stellt das Vorhandensein einer zweiten kritischen Stabhöhe fest. Es wird also manchmal zur Erreichung niedriger Temperaturen zweckmäßig sein, die in bezug auf die Verluste richtige Leiterhöhe zu überschreiten; die zweite kritische Höhe darf keinesfalls überschritten werden.

Eine weitere Bestätigung der Berechnung bringen die von Hillebrand[20]) im Prüffelde der AEG ausgeführten Messungen des Wechselstromwiderstandes an einer Spule von zwei Windungen aus massivem Kupfer, die in Nuten nach der Abb. 4 eingebettet war. Das errechnete Verhältnis (zwischen den Kupferverlusten bei 490 A und 50 Per/s einerseits und 500 A Gleichstrom anderseits) von 6,3 für die Nut, 1,96 für den unteren und 10,6 für den oberen Stab stimmte mit dem gemessenen gut überein. Die Übertemperatur des unteren Stabes betrug im Dauerbetrieb mit der erwähnten Wechselstrombelastung etwa 25°, diejenige des oberen 60°. Bei derselben Spule in der Luft war die Erwärmung beider Stäbe gleich, und zwar 18° bei Wechselstrom und 10° bei Gleichstrom. Zur Verlustbestimmung, welche, wattmetrisch ausgeführt, sehr ungenau ist, wird von Hillebrand empfohlen, den Ohmschen Verlust in der obersten Stabfaser mittels eines bifilar gewickelten Meßdrahtes und die Phasenverschiebung gegen die Stromstärke oszillographisch zu messen. Es werden ferner die Folgerungen obiger Theorien für die Praxis des Wechselstrom-Großmaschinenbaues besprochen und die Verwendung von Litzen und verschränkten Stäben zur Vermeidung der zusätzlichen Verluste durch Stromverdrängung sowie der Wirbelstromverluste durch das Hauptfeld rechnerisch und experimentell eingehend behandelt. Interessant ist unter anderem ein Versuch, bei dem ein Wechselstrom von 200 A sich auf zwei parallelgeschaltete, nicht verschränkte Litzen in Zweigströme von 106 und 186 A verteilte, während nach der Verschränkung der parallelen Litzen im Wickelkopf gleichmäßige Stromverteilung eintrat.

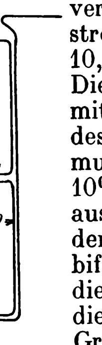


Abb. 4. Nutenfüllung.

Da der Strom in jedem Stab einer Gleichstrommaschine infolge der Kommutierung seine Richtung schnell wechselt und als ein Wechselstrom von rechteckiger Kurvenform aufgefaßt werden kann, so müssen zusätzliche Kupferverluste durch Stromverdrängung auch in Gleichstrommaschinen auftreten. Für den Fall eines Stabes für die Nut und, unter der Annahme der gleichzeitigen Kommutierung der Ober- und Unterlage, für den Fall einer Doppelschicht, ermittelt Fleischmann[21]) diese Verluste, indem er die rechteckige Kurve in ihre Harmonischen zerlegt, und die zusätzlichen Verluste für die einzelnen Harmonischen auf Grund der Rogowskischen Formel berechnet.

Denselben Gegenstand, aber auf anderem Wege, behandelt L. Dreyfus[22]). Er berechnet die magnetische Energie, die aus der Verkettung eines Stabes mit dem ihn durchflutenden Zusatzfelde der Wirbelströme hervorgeht, und setzt diese Energie gleich der zusätzlichen Verlustenergie für eine Kommutierung. Die Ergebnisse gelten auch für mehrere Stabschichten, jedoch auch hier mit der Einschränkung, daß das ganze Stromvolumen der Nut gleichzeitig kommutiert wird. Da dies praktisch nicht immer der Fall ist und außerdem die Wirbelstromverluste infolge des die Nut durchsetzenden Hauptfeldes eine

viel größere Bedeutung als die zusätzlichen Kommutierungsverluste haben, so warnt Dreyfuß davor, seiner Theorie für die Berechnung und Bewertung der Gleichstrommaschine einen zu großen Wert beizumessen.

Erwärmung und Kühlung. Rayner[23]), welcher schon früher auf diesem Gebiete gearbeitet hat, bestimmt die durch die Widerstandszunahme definierte mittlere Erwärmung und gleichzeitig mittels Thermoelemente die Temperaturverteilung im Innern von Magnetspulen. Bei gleichen Kühlungsverhältnissen wird der Einfluß der Imprägnierung, der Bandagen sowie der Drahtstärke und Drahtisolation untersucht. — Isambert[24]) gibt auf Grund der bekannten logarithmischen Beziehungen für die Erwärmung und Abkühlung von elektrischen Maschinen einen Ausdruck für die Maschinenleistung bei intermittierendem Betriebe an, unter der Voraussetzung, daß dabei die Leerlaufverluste unverändert bleiben und nur die quadratischen Verluste steigen. Für die Praxis ist dieser Fall wenig wichtig, weil im allgemeinen bei Maschinen, die intermittierend arbeiten sollen, vor allem die magnetische Beanspruchung und damit der Leerlaufverlust gesteigert wird. — Über Versuche, wie sich die Leistung der Maschine des sog. Durchzugtyps im Vergleich zu der Leistung der gekapselten und offenen Maschinen verhält, berichtet Gray[25]). Ein Drehstrommotor, der als Versuchsobjekt diente, leistete in offener Ausführung 59 kW; bei vollständiger Kapselung mußte die Leistung auf 18,4 kW herabgesetzt werden, während sie bei stärkster Luftkühlung auf 73,6 kW gesteigert werden konnte. Daran anschließend werden Betrachtungen über den Einfluß der Verlustverteilung auf die Erwärmung aufgestellt und für ähnliche Fälle gültige Formeln zur Berechnung der nötigen Luftmenge und der Temperaturerhöhung angegeben.

Bei der künstlichen Kühlung von Turbomaschinen wird oft die Kühlluft durch Wasser in feinster Unterteilung geleitet, wodurch sie gleichzeitig gereinigt und gekühlt wird. Hacket[26]) untersucht den Einfluß des Wassergehaltes der Kühlluft auf die Erwärmung und die Isolation der Maschinen.

Verschiedene Einrichtungen zur Kühlung von Maschinen durch axiale Lüftungskanäle sind in Patentschriften[27]) niedergelegt. — Die Soc. Alsac. de Constr. Mécan.[28]) in Belfort befestigt auf den Wicklungen gewellte Flügel aus gut wärmeleitendem Metall und ordnet sie in etwas breiter gehaltenen radialen Lüftungsschlitzen an. — Nach einem Patent der Gen. El. Co.[29]) werden die Bürsten von einer Kühlkammer umgeben, in welcher eine Kühlflüssigkeit zirkuliert.

Vorschläge zur Abwendung der Feuergefahr bei Turbodynamos, welche groß ist wegen des beschränkten Rauminhaltes, der großen Sauerstoffzufuhr bei künstlicher Lüftung, der geschlossenen Bauart und der großen Leistungen dieser Maschinen, macht Lawler[30]).

Stromwendung. Mit Karl Pichelmayer hat am 13. Januar 1914 die Theorie der Stromwendung, welche heute noch längst nicht abgeschlossen ist, einen ihrer eifrigsten Förderer verloren. In einer letzten, nach seinem Ableben erschienenen Arbeit über „Die Rolle des Ankerfeldes bei der Kommutierung“[31]) hatte er sich noch mit dem ihn „ungemein fesselnden“ Problem beschäftigt und den Grundgedanken von Thornburn Reid verteidigt, der zunächst den eigentlichen Grund des Bürstenfeuers in der zu großen Stromdichte in der Kantenfläche des ablaufenden Segmentes sah. — Auch Schenfer[32]) kommt auf Grund einiger an einem Einphasenkollektormotor mit Wendepolen aufgenommenen Oszillogramme der den Kommutierungsvorgang beeinflussenden Größen zu demselben Ergebnis. — Die von Pichelmayer wie von fast sämtlichen Fachgenossen vertretene Anschauung, daß für eine gute Stromwendung ein wirkliches Feld im Wendepol-Luftspalt vorhanden sein muß, wird durch die experimentelle Untersuchung von Mandl[33]) bestätigt. Dieser verfolgt ballistisch den Verlauf des magnetischen Feldes eines Gleichstrommotors im Wendepol-Luftspalt bei konstantem Ankerstrom und verschiedenen Wendepolerregungen und nimmt gleichzeitig als Maßstab für die Güte der Stromwendung die Bürstenpotentialkurven auf. Er findet, daß der feldfreie Luftspalt genau der Kompensation der Anker- und Wendepol-Amperewindungen, aber starker

Unterkommutation entspricht. Sollten wirklich die Meinungsverschiedenheiten über diese lang umstrittene Frage nicht formell, sondern tatsächlich sein, wie Latour und Menges[34]) noch behaupten, so wäre letztere durch die Arbeit Mandls entschieden.

Über das Maduitsche Kriterium für eine gute Stromwendung schreibt Guéry[35]). — Mit der Berechnung der für die Kommutierung in Betracht kommenden Größe unter besonderer Berücksichtigung der Wendepolmaschinen beschäftigt sich Still[36]).

Besonders erwähnenswert ist hier das Buch von Rezelman[37]) über die Stromwendung bei Gleichstrommaschinen, in welchem der sich auf Messungen stützenden numerischen Berechnung große Beachtung geschenkt wird. Die Ergebnisse eingehender Messungen der Selbstinduktion der kommutierenden Spule durch Beschicken mit Wechselstrom werden darin angegeben und Formeln zu deren Berechnung abgeleitet. Auf Grund zahlreicher Untersuchungen über geradlinige Kommutierung wird ein Ausdruck für das Verhältnis der Anker-Amperewindungen zu den Wendepol-Amperewindungen aufgestellt und einer experimentellen Prüfung unterzogen. Um eine bessere Übereinstimmung zwischen der Berechnung und der Beobachtung zu erzielen, wird in diesen Ausdruck noch der Übergangswiderstand der Kohlenbürsten eingeführt. Zum Schlusse werden oszillographische Aufnahmen mitgeteilt und die Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Kommutierungsmittel besprochen, die daraus gezogen werden können.

Streuung. In diesem Jahre hat im Anschluß an frühere Arbeiten von Sumec[38]), Rogowski-Simons[39]), Rogowski[40]) und Niethammer-Siegel[41]) ein lebhafter Meinungsaustausch stattgefunden, welcher zur Klärung der Frage wesentlich beigetragen hat. Das Problem des allgemeinen Transformators wurde früher von den Physikern mit Hilfe der Selbstinduktivität L und der gegenseitigen Induktivität M behandelt, wobei dem Streuungskoeffizienten $\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2}$ immer ein positiver Wert zukommt. Die Ingenieure haben ein Hauptfeld und ein Streufeld eingeführt, letzteres in ein primäres und ein sekundäres zerlegt, und diese Art der Behandlung hat sich als sehr fruchtbar erwiesen. Will man jedoch von dem Fall konzentrischer Wicklungen auf den praktisch wichtigen Fall beliebig verteilter Wicklungen übergehen, so kann die Zerlegung, wie Hallo[42]) bemerkt, in verschiedener Weise geschehen.

Definiert man mit Rogowski das Streufeld auf Grund der Bedingung, daß die primären und sekundären Amperewindungen einander gleich werden, so erhält man für die Streuinduktivität eines Stromkreises den Ausdruck $A_1' = L_1 - \frac{w_1}{w_2} M$, welche auch negative Werte annehmen kann; w_1 und w_2, die primäre und sekundäre Windungszahl, sind bekannt oder mit Hilfe des magnetischen Spannungsmessers zu bestimmen.

Definiert man mit Hallo das Streufeld durch die Forderung, daß die Produkte aus Strom und Streulinienverkettungszahl für beide Kreise gleich werden, so gewinnt man für die Streuinduktivität den Ausdruck:

$$A_1'' = L_1 \left(1 - \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}\right),$$

welcher immer positiv ist und mit dem Rogowskischen identisch wird, wenn unter w_1 und w_2 nicht mehr die tatsächlichen, sondern die sog. effektiven, durch das Verhältnis $\frac{w_1^2}{w_2^2} = \frac{L_1}{L_2}$ definierten Windungszahlen versteht.

Geht man mit Niethammer für das Vorhandensein des Streufeldes von der Bedingung aus, daß die Kraftlinienverkettungszahl eines Stromkreises verschwindet, dann ist die Streuinduktivität

$$A_1''' = L_1 \left(1 - \frac{M}{L_1 L_2}\right).$$

Über die größere Zweckmäßigkeit der einen oder der anderen Definition kann man verschiedener Meinung sein. Nach Emde[43]) ist die erste auch die einfachste. — In einer letzten Arbeit beseitigt Rogowski[44]) die noch bleibenden Mißverständnisse, indem er eine Anzahl graphischer Darstellungen des gemeinsamen Feldes und der Streufelder gibt, wie sie gedacht werden müssen, um mit den wirklichen Windungszahlen operieren zu können. Er betont mit Recht, daß fiktive Felder physikalisch nicht schwieriger sind als fiktive Windungszahlen. — In Zusammenhang mit den erwähnten sind noch die neueren Arbeiten von Niethammer-Siegel[45]), Pichelmayer[46]), Sumec[47]) und Widmar[48]) zu nennen.

[1]) Pontecorvo, ETZ 1914, S 730. — [2]) Fox, El. Rev. (Chic) Bd 64, S 685. — [3]) Guillet, Metall. Chem. Eng. 1914 S 787. — [4]) Brauen, ETZ 1914, S 145. — [5]) Barbillion, Lum. él. R 2, Bd 24, S 358, 389; Bd 25, S 129. — [6]) Isambert, Lum. él. R 2, Bd 25, S 264. — [7]) Blane, ETZ 1909, S 5. — [8]) Blanc, ETZ 1914, S 841. — [9]) Kozisek, El. Masch.-Bau 1914, S 717. — [10]) Douglas, El. World Bd 64, S 810. — [11]) Czepek, El. Masch.-Bau 1914, S 649. — [12]) Ytterberg, Die Eisenverluste in elektrischen Maschinen. Diss. Berlin 1914. — [13]) Fischer-Hinnen, El. Masch.-Bau 1914, S 10, 30. — [14]) J. D. Ball u. W. E. Ruder, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 55. — Gen. El. Rev. 1914, S 487. — [15]) Shepard, El. World Bd 64, S 1154. — [16]) Rogowski, Arch. El. Bd 2 S 81. — [17]) Rüdenberg, Arch. El. Bd 2, S 207. — [18]) R. Richter, Arch. El. Bd 2, S 518. — [19]) Rogowski, Arch. El. Bd 2, S 526. — [20]) F. Hillebrand, Arch. El. Bd 3, S 111. — [21]) Fleischmann, Arch. El. Bd 2, S 387. — [22]) Dreyfus, El. Masch.-Bau 1914, S 281, 307. — [23]) Rayner, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 702. — [24]) Isambert, Lum. él. R 2, Bd 25, S 133. — [25]) Gray, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 612. — [26]) Hackett, El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 463. — [27]) FP Nr 454699. — EP (1913) Nr 3224. — DRP. Nr 264277. — [28]) Soc. Alsac de Constr, Méc., FP Nr 456805. — [29]) Gen. El. Co., USP 1066175. — [30]) Lawler, I. Am. Soc. Mech. Eng. 1914, S 135. — [31]) Pichelmayer, El. Masch.-Bau 1914, S 206. — [32]) Schenfer, El. Masch.-Bau 1914, S 25. — [33]) Mandl, El. Masch.-Bau 1914, S 389. — [34]) Latour u. Menges, El. Masch.-Bau 1914, S 647. — [35]) Guéry, Bull. Soc. Internat. des El. R 3, Bd 4, S 39. — [36]) Still, El. World Bd 63, S 1442, 1489. — [37]) Rezelmann, Recherches sur les phénomènes de la commutation. Brüssel 1914. — [38]) Sumec, El. Masch.-Bau 1901, S 177, 193; 1905, S 255, 507. — [39]) Rogowski-Simons, ETZ 1908, S 535, 564. — [40]) Rogowski, ETZ 1910, S 1033, 1069, 1292, 1316. — [41]) Niethammer-Siegel, El. Masch.-Bau 1913, S 265. — [42]) Hallo, El. Masch.-Bau 1914, S 1. — [43]) Emde, El. Masch.-Bau 1914, S 238. — [44]) Rogowski, Arch. El. Bd 3, S 129. — [45]) Niethammer u. Siegel, El. Masch.-Bau 1914, S 226. — [46]) Pichelmayer, El. Masch.-Bau 1914, S 203. — [47]) Sumec, El. Masch.-Bau 1914, S 413. — [48]) Vidmar, El. Masch.-Bau 1914, S 705, 718, 733.

Gleichstrommaschinen.

Von Prof. Dr. Leo Finzi.

Der Bau der normalen Gleichstrommaschinen bewegt sich in ruhigen Bahnen, so daß nicht viel Neues darüber zu berichten ist. Trommelanker mit Nuten und Radialpole sind die Regel. Auch die Wendepole haben sich eingebürgert und werden mit Rücksicht auf eine einheitliche Fabrikation nicht nur bei Maschinen mit schwieriger Kommutierung, sondern fast immer angewandt. Eine ausführliche Beschreibung der Wendepolmaschinen der verschiedenen Firmen mit oder ohne Kompensationswicklung gibt Wolf[1]). Da die übliche Wendepolerregung durch den Hauptstrom zur Erzeugung eines für alle Verhältnisse richtigen Wendefeldes nicht immer genügt, so wird oft auf dem Wendepol eine zweite Wicklung angebracht, die durch die Spannung oder Drehzahl beeinflußt wird. Ferner wird der Wendepol manchmal statt unmittelbar durch besondere Hilfsmaschinen erregt, manchmal eigenartig geformt und mit einer Kurzschlußwicklung versehen. Um auch den schwierigsten Fällen gerecht zu werden, sind zahl-

reiche Anordnungen zum Vorschlag gebracht worden. — Über Erfahrungen mit Wendepolmotoren im Bahnbetriebe berichtet in einer kleinen Schrift Kratochwil[2]).

Dreileitermaschinen von 25 bis 200 kW führt die Gen. El. Co.[3]) nach der Dobrowolskyschen Anordnung aus. Der Spannungsteiler ist jedoch an den Ankerkörper angebaut und rotiert mit diesem, so daß unabhängig von der Phasenzahl nur ein Schleifring zum Anschluß des Mittelleiters notwendig ist. — Ferguson[4]) untersucht das Verhalten der Dreileitermaschinen, insbesondere als Ausgleichmaschinen für Beleuchtungsnetze.

Schwungradmaschinen. Kleine Maschinen dieser Art in fliegender Anordnung baut die U. S. Light & Heating Co.[5]) zum Anwerfen von Automobilmotoren von der Lichtbatterie aus.

Hochspannung. Girving[6]) hat sich eine Gleichstrommaschine patentieren lassen, welche Spannungen von 25000 V und darüber erzeugen und als Motor, Generator sowie als Gleichstrom-Gleichstromumformer arbeiten soll. Sie hat Innenpole und feststehenden Anker. Die Wicklung besteht aus offenen Spulen, die mittels Bürsten, mit welchen sie einzeln verbunden sind, und eines eigenartigen rotierenden Kommutators immer im Stromkreis geschaltet bleiben. Ob eine solche Maschine praktische Bedeutung gewinnen wird, ist zweifelhaft, obwohl die Frage der Hochspannungsgleichstrommaschinen nicht nur durch die Anlagen für Reihenschaltung nach Thury, sondern auch für die elektrischen Bahnen Interesse bietet. — Die Motoren der Tátra-Bahn, worüber Haas[7]) berichtet, mit einer Stundenleistung von 49 kW bei 490 minutlichen Umdrehungen arbeiten z. B. mit 1650 V Spannung. — Scherbius[8]) weist jedoch nach, daß die Ausführbarkeit von Hochspannungsmaschinen normaler Bauart, auch abgesehen vom Gewicht und Preis, eine begrenzte ist. Die Grenzspannungen und Leistungen nehmen mit wachsender Drehzahl ab, so daß es zurzeit nicht möglich ist, Turbo-Gleichstrommaschinen für hohe Spannung zu bauen. Bei Umformern sinken die größtmöglichen Spannungen und Leistungen bei steigender Periodenzahl.

Turbodynamos. Däschler[9]) beschreibt einige Gleichstrom-Turbodynamos der Maschinenfabrik Oerlikon. Bei großen Leistungen oder niedriger Spannung wird die Dynamo von der Turbine mittels Zahnradübersetzung angetrieben. — Die Westinghouseschen Turbodynamos[10]) des Cunarddampfers Aquitania sind mit radialem Kommutator ausgerüstet, wobei also die Bürsten auf Flächen senkrecht zur Drehachse schleifen.

Unipolarmaschine. Eine Lanze zugunsten der Unipolarmaschine brechen Moß & Mould[11]). Nach ihrer Ansicht soll diese das gleiche Gewicht, die gleiche Betriebssicherheit und den gleichen Wirkungsgrad wie die entsprechende Kollektor-Turbomaschine, jedoch eine geringere Spannungsänderung als letztere haben. An Hand der Maschinen von Nöggerath und Barbour geben die Verfasser einen kurzen Überblick über den zurzeit beim Entwurf dieser Maschinen einzuschlagenden Weg. Wählt man, um gleiche Kraftliniendichte in allen Teilen des Ankerumfanges zu erhalten, die axiale Länge des Ankers gleich dem doppelten Durchmesser, so gilt nach der für die Kollektormaschinen üblichen Dimensionierungsformel für die höchstzulässige Drehzahl n als Funktion der Leistung N in kW

$$n = 7{,}6 \sqrt{\frac{v^3 \cdot B_e \cdot AS}{N \cdot 10^9}}.$$

Die spezifische Strombelastung des Ankers (AS) kann bei größeren Maschinen zu 120 bis 160 Amperestäbe für 1 cm Umfang, die Luftinduktion (B_e) zu 11000 bis 14000 Linien für 1 cm², die Umfangsgeschwindigkeit (v) zu 100 m/s gewählt werden. Es wird empfohlen eine Stromdichte unter den Bürsten von 15 bis 40 A/cm², ein Bürstendruck von 250 g/cm² und eine Schleifringsgeschwindigkeit von 100 m/s. Die Verfasser geben die Hauptabmessungen einer Ma-

schine für 5000 kW von 500 V und 1500 Umdr/min mit 15 Schleifringen an und berechnen den Wirkungsgrad zu 96%.

Gleichbleibende Spannung. Zahlreiche Patentschriften[12]) legen Zeugnis von der regen Erfindertätigkeit auf dem Gebiete der Zugbeleuchtungsmaschinen ab. Es sind dies Gleichstromdynamos, welche bei stark veränderlicher Drehzahl eine möglichst konstante Spannung zu liefern haben.

Innere Erregung. Beachtenswert sind die Gleichstrommaschinen mit innerer Erregung der Firma Breguet, worüber Picou[13]) berichtet. Die Vorstellung zweier räumlich getrennter Wicklungen, der induzierenden und der induzierten, woraus der Bau der Dynamomaschinen entstammt, entspricht nicht einer physikalischen Notwendigkeit; ein und dieselbe Wicklung kann vielmehr beide Funktionen übernehmen. Treibt man einen gewöhnlichen Umformeranker R (Abb. 5), welcher von einem Statoreisen ohne körperliche Pole und ohne Gleichstromerregung umgeben ist, synchron mit einem Drehstromgenerator an, der ihm durch die Schleifringe Drehstrom zuführt, so wird ein im Raum feststehendes Feld erzeugt. Bei passender Lage der Bürsten wird man aus dem Kollektor einen aus der Umsetzung der mechanischen Leitung herrührenden Gleichstrom entnehmen können, während der Drehstrom nur die Erregung liefert. Der Stator S trägt nur eine Kompensationswicklung. Die Schleifringe können bei direkter Kupplung mit dem Drehstromerzeuger wegfallen. Obwohl der Gedanke einer Gleichstrommaschine mit direkt gekuppeltem Drehstromerreger auf den ersten Blick etwas befremdend erscheint, so sind solche Maschinen ausgeführt worden. Sie werden als Erreger compoundierter Synchrongeneratoren angewandt und sollen sich als Erzeuger hoher Stromstärken bei niedriger Spannung wegen des besseren Ausgleichs ungleicher Kraftflüsse gut bewähren.

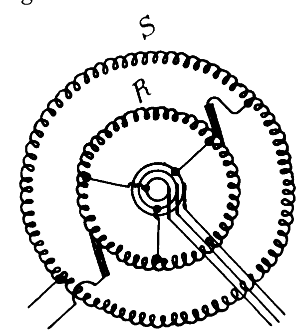


Abb. 5. Innere Erregung.

Theorie und Berechnung. Das etwas trockene Gebiet der Ankerwicklungen ist nach den klassischen Arbeiten Arnolds wenig gepflegt worden. Es ist deshalb um so erfreulicher, daß sein Nachfolger im Amte, R. Richter[14]), ihm auch hier folgt und in übersichtlicher Weise die Lamellenzahlen, für welche eine Wellenwicklung mit fehlerlosen Ausgleichsverbindungen ausführbar ist, tabellarisch zusammenstellt. Es ist für den Praktiker bequem, ohne weiteres aus der Tabelle entnehmen zu können, welche Kombinationen von Zahl der Pole, der parallelen Ankerzweige und der in einer Nut nebeneinander liegenden Spulenseiten brauchbare Werte ergeben. Die in derselben Arbeit enthaltenen Ausführungen über die genaue Berechnung der Breite der Wendezone, die durch die äußersten Grenzlagen der durch die Bürsten kurzgeschlossenen Spulenseiten bestimmt ist und möglichst schmal sein soll, sind zur Beurteilung einer Wicklung wichtig.

Hawkins[15]) widerlegt die Ansicht von Lulofs (s. JB. 1913, S. 26), wonach die bei Schleifenwicklung und Verschiedenheit der Kraftflüsse zwischen den gleichnamigen Bürsten fließenden Ausgleichsströme nur bei vierpoligen Maschinen die Ungleichheiten zu beseitigen suchen. Dies trifft vielmehr bei allen mehrpoligen Maschinen zu.

Klein[16]) gibt Formeln für die Größenkonstante von Gleichstromankern an. — In der Versammlung des amerikanischen Automobilklubs bespricht Schöpf[17]) an Hand von Schaulinien den Einfluß der magnetischen Beanspruchung der Elektromobilmotoren. Bei der Diskussion kam die Meinung allgemein zum Ausdruck, daß stark gesättigte Motoren für Personenfahrzeuge, wenig gesättigte für Lastwagen zweckmäßig seien. — Liska[18]) beschäftigt sich mit dem Einfluß der Motorcharakteristik auf den Traktionswirkungsgrad elektrischer Gleichstrombahnen.

[1]) Wolf, Helios Fachz. 1914, S 425, 433, 441. — [2]) Kratochwil, Über Erfahrungen mit Wendepolmotoren in Bahnbetrieb. Salzburg 1914. — [3]) Gen. El. Co., El. World Bd 63, S 670. — [4]) Ferguson, El. World Bd 64, S 1199. — [5]) U. S. Light & Heating Co., El. World Bd 63, S 109. — [6]) Girving, Helios Fachz. 1914, S 513. — [7]) Haas, El. Kraftbetr. 1914, S 605. — [8]) Scherbius, El. Kraftbetr. 1914, S 416. — [9]) Däschler, ETZ 1914, S 153. — [10]) Engineering Bd 97, S 737. — [11]) Moss & Mould, I. Inst. El. Eng. Bd 49, S 804. — [12]) EP (1912) 18913. — EP (1913) 15585. — ÖP (1913) 63027. — EP (1913) 7840. — ÖP (1913) 64026. — EP (1913) 15697. — EP (1913) 1990. — ÖP (1913) 64024. — ÖP (1913) 64464. — [13]) Picou, Bull. Soc. Internat. des El. R 3, Bd 3, S 898. — [14]) R. Richter, Arch. El. Bd 2, S 443. — [15]) Hawkins, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 901. — [16]) Klein, El. Masch.-Bau 1914, S 709. — [17]) Schöpf, El. World Bd 63, S 692. — [18]) Liska, El. Masch.-Bau 1914, S 549, 579.

Wechselstromerzeuger und Synchronmotoren.

Von Dr. L. Fleischmann.

Die Entwicklung auf dem Gebiete der Synchrongeneratoren und -motoren ist zu einem gewissen Abschluß gelangt. Dies zeigt sich auch in den theoretischen Arbeiten, die sich nur mit dem Ausbau von Einzelheiten der bestehenden Theorien beschäftigen. So entwickelt Clayton[1]) für die Reaktanz von Wechselstrommaschinen einen Ausdruck, der auch auf den Sättigungsgrad der Maschine Rücksicht nimmt. Wall[2]) zeigt, welche Veränderungen am Kreisdiagramm vorgenommen werden müssen, damit dieses auch bei nicht gleichmäßig verteiltem Eisen und bei veränderlicher Permeabilität Verwendung finden kann. Die energetischen Verhältnisse beim Auftreten von wattlosen Strömen bei Synchronmotoren werden in einer Abhandlung von Grünholz[3]) besprochen. Es wird gezeigt, wie zwischen magnetischer und mechanischer Energie ein ständiges Hin- und Herfluten stattfindet. Zwischen Theorie und Praxis stehen die Arbeiten von Davis[4]) und Newbury[5]), welche sich beide auf die momentanen Kurzschlußströme von Synchronmaschinen beziehen. Davis gibt eine Beschreibung der Vorgänge beim Kurzschluß und entwickelt eine Methode, um aus dem beim Kurzschluß aufgenommenen Oszillogramm des Ankers und Feldstromes die Reaktanz des Generators zu berechnen. Newbury gibt numerische Ausdrücke, um auf Grundlage von Oszillogrammen den Höchstwert des Kurzschlußstromes zu bestimmen. In einer Diskussion über Anlaufen von Synchronmotoren macht Steinmetz[6]) darauf aufmerksam, daß man aus den oszillographischen Aufnahmen des Anlaufstromes bei Leerlauf über den Verlauf des Drehmomentes bei den verschiedenen Drehzahlen Aufschluß erhalten kann. Da das relative Maximum des Stromes dann eintritt, wenn das Polrad sich in der Stellung des größten magnetischen Widerstandes befindet, so ist die Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Höchstwerten auch die Durchlaufungsdauer einer Polteilung. Hieraus folgt dann die mittlere Geschwindigkeit für die Zurücklegung einer Strecke gleich der Polteilung. Aus der Änderung der Geschwindigkeit kann die Beschleunigung und aus dieser bei bekanntem Trägheitsmoment der rotierenden Massen die Zugkraft berechnet werden. Ferner weist Steinmetz darauf hin, daß für das Intrittfallen ein sehr großes Drehmoment nötig ist, weil in sehr kurzer Zeit die Geschwindigkeit von der Schlupftourenzahl auf die synchrone gebracht werden muß. Für das Intrittfallen ist der Motor mit ausgesprochenen Polen besser für den Anlauf der mit gleichmäßig verteiltem Eisen.

Die Ausführungsarten der Maschinen der verschiedenen Firmen sind in zahlreichen Artikeln beschrieben. Hardin und Henderson[7]) berichten über einen Drehstromgenerator von 20000 kVA Leistung der Westinghouse-Gesellschaft, der durch axiale Ventilation gekühlt wird. Die Luft tritt an beiden Seiten in die Maschine und verläßt sie in der Mitte. Die Verluste betragen

etwa 600 kW. Zur Abführung der Wärme wird eine Luftmenge von 1700 m^3/min benötigt, bei einer Luftgeschwindigkeit von etwa 20 m/s. Die Maschine wurde in den Werkstätten auf Kurzschlußsicherheit geprüft.

Unter den von Weltzl[8]) beschriebenen großen Wasserkraftgeneratoren von Ganz unterscheidet sich eine Maschine durch die Polkonstruktion von der üblichen Ausführung. Weitere Beschreibungen rühren her von Pohl[9]), Däschler[10]), Olson[11]) und Eden[12]).

[1]) Clayton, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 90. — [2]) Wall, Jl. Inst. El. Eng. Bd 52, S 277. — [3]) Grünholz, Arch. El. Bd 2, S 533. — [4]) Davis, Gen. El. Rev. 1914, S 805. — [5]) Newbury, El. Jl. 1914, S 196. — [6]) Steinmetz, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 70. — [7]) Hardin u. Henderson, El. Jl. 1914, S 319. — [8]) Weltzl, El. Masch.-Bau 1914, S 437, 464. — [9]) Pohl, ETZ 1914, S 173. — [10]) Däschler, ETZ 1914, S 153. — [11]) Olson, Gen. El. Rev. 1914, S 478. — [12]) Eden, Gen. El. Rev. 1914, S 716.

Induktionsmotoren und Drehtransformatoren.

Von Oberingenieur W. Zederbohm.

Theorie. Trotz einer Reihe ganz vorzüglicher Arbeiten über das Kreisdiagramm, die, soweit sie zu einfachen und übersichtlichen Konstruktionen führten, auch Eingang in die Praxis gefunden haben, scheinen die Akten hierüber noch nicht geschlossen zu sein. Kafka[1]) leitet eine Reihe analytischer Beziehungen ab, besonders Ausdrücke für die Ströme in Abhängigkeit von der Schlüpfung sowie Ausdrücke für die Mittelpunktskoordinaten und Radien der zugehörigen Betriebskreise, und verwendet diese für das „genaue“ Kreisdiagramm[2]) unter Berücksichtigung des Ohmschen Widerstandes, der Primärwicklung und des Verluststromkreises.

Anlauf. Von jeher war man bestrebt, den Anlauf der Motoren so einfach zu gestalten, daß ein einziger Handgriff genügte, um den Motor auf Touren zu bringen.

In der Regel war hohes Anlaufdrehmoment erwünscht, das nur mit hohem Rotorwiderstand zu erzielen war, der dann, um die Einfachheit des Anlaufens und einen hohen Wirkungsgrad bei Lauf zu gewährleisten, selbsttätig abgeschaltet werden mußte. Es entstanden so die in den Motor eingebauten, mitumlaufenden Anlaßwiderstände, die durch Zentrifugalkurzschließer mit einigen, meist aber nur mit einer Stufe, abgeschaltet wurden. Die geringe Stufenzahl gab häufig sehr unbequeme Wechselbeziehungen zwischen Anlaufmoment und Anlaufstrom.

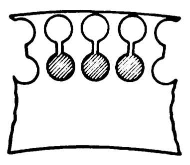
Eine sehr eigenartige Lösung, den eingebauten Anlaßwiderstand in unendlich feinen Stufen abzuschalten, besitzen die Motoren von Fairbanks, Morse & Co.[3]), Chicago. Auf der Welle sind in einen Eisenring radial drei isolierte Eisenzylinder angeordnet, in denen eine Anzahl Kohlenscheiben geschichtet sind. Diese Kohlenscheiben bilden den in jede Motorphase geschalteten Anlaßwiderstand, der an der Welle seinen Sternpunkt hat. Bei Stillstand sind die Scheiben lose aufeinander geschichtet und haben einen großen Widerstand. Während des Anlaufens werden sie durch die Zentrifugalkraft langsam zusammengepreßt und der Widerstand auf diese Weise stetig verkleinert. Bei voller Pressung soll der Widerstand der Kohlensäule praktisch gleich Null sein, die Längendifferenz zwischen nichtgepreßten und festgepreßten Scheiben ist nicht mehr als 1,7 mm, stellt aber einen großen Widerstandsbereich dar.

Das geringe Anlaufmoment der Kurzschlußrotormotoren ist für bestimmte Zwecke, z. B. beim Antrieb von Spinnmaschinen, noch zu hoch, um derartige Maschinen mit geringen Massen in nicht zu kurzer Zeit anzulassen. Man kann ein geringes Anzugsmoment bei gleichzeitiger Erzielung guten Wirkungsgrades dadurch erreichen, daß man dem Rotor große Streuung gibt. Nach einem Patent der Siemens-Schuckertwerke[4]) kann die Streuung dadurch erzielt werden, daß die wirksamen Leiter in weiter Entfernung vom Rotorumfang angeordnet

3*

werden, der Raum zwischen Umfang und Leiter aber von Löchern und Schlitzen, die von magnetisch oder elektrisch leitendem Material frei bleiben, durchsetzt wird (s. Abb. 6).

Nach einem anderen Patent[5]) derselben Firma erhält man die gleiche Wirkung, wenn die gewöhnlichen Kurzschlußringe dauernd oder nur während des Anlaufs von magnetischen Körpern mantelartig umgeben werden. Die Verminderung des Anlaufdrehmoments ist hier eine Folge der Phasenverschiebung, welche die Rotorströme erleiden, indem sie in dem magnetisierbaren Mantel ein neues, vom Statorfeld unabhängiges Feld erzeugen.


Abb. 6. Erhöhte Streuung.

Bau. Während in Europa wohl ausnahmsweise die halbgeschlossene Nute verwendet wird, beherrscht in Amerika die ganz offene Nute den Markt. Es ist nicht ganz leicht, Vor- und Nachteile beider Nutenformen genau gegeneinander abzuwägen, da eine ganze Reihe Punkte wegen der in beiden Erdteilen wesentlich verschiedenen Fabrikations- und Betriebseigentümlichkeiten einen direkten zahlenmäßigen Vergleich nicht ermöglichen.

Bestechend für die offene Nut ist die leichte, den Draht schonende Herstellung der für einen Motor vollständig gleichen Spulen und ihre Einbringung in die Nut. Doch sind gerade in den letzten Jahren in der Wicklungstechnik, besonders in Deutschland, so große Fortschritte gemacht worden, daß die Herstellung der Wicklungen in halbgeschlossenen Nuten, was Betriebssicherheit, Ausnutzung der Nute und Preis anbetrifft, den Schablonenwicklungen offener Nuten sehr nahe kommt. Das Streben nach höherer Wirtschaftlichkeit zieht in Europa den an Wirkungsgrad und Leistungsfaktor um einige Prozente besseren Motor mit halbgeschlossenen Nuten vor.

Den Hauptausschlag wird aber besonders bei kleineren Motoren stets der Preis bilden. Die Ausführung mit offenen Nuten erfordert ohne Zweifel größere Dimensionen, also mehr Material, wogegen in der Massenherstellung und einfacheren Einbringung der Schablonenspulen in die Nuten immer Ersparnisse erzielt werden können. Da nun bekanntermaßen Amerika das Land billiger Materialien, aber höherer Arbeitslöhne, in Europa aber das Umgekehrte der Fall ist, so dürfte die Herstellung offener Nuten in Europa wohl ebensowenig Vorteile im Preis bringen, als die Ausführung halbgeschlossener Nuten in Amerika.

Hoock[6]) stellt sehr eingehend alle Vor- und Nachteile beider Nutformen gegenüber. Die Anordnung des verkürzten Schritts bei offenen Nuten ergibt gewisse Vorteile, unter deren Berücksichtigung ein Motor für 25 kW vollständig durchgerechnet wurde, mit gleichen Dimensionen für offene und halbgeschlossene Nuten. Die Hauptdaten des Motors sind in nachstehender Tabelle enthalten.

	halbgeschlossen		offen	
Wicklungsschritt	1		0,925	
Streukoeffizient	0,0535		0,047	
Leistungsfaktor und Wirkungsgrad:	cos φ	η	cos φ	η
1/2 Last	0,85	86,6	0,868	85,0
3/4 „	0,895	88,4	0,906	86
1/1 „	0,905	88,1	0,915	85
5/4 „	0,89	86	0,899	79,5

Verluste bei Vollast	W	W
Lager und Luftreibg.	150	150
Eisenverluste . . .	650	485
„ zusätzl.	235	435
Prim. Kupferverluste	605	1010
Sekund. „	845	1160
Gesamtverluste	2485	3245

Polumschaltbare Motoren. Um die Drehzahl eines Motors ohne Kommutator in weiten Grenzen regeln zu können, treibt Oerlikon durch einen zweiten Motor (Hilfsmotor) den Stator des Hauptmotors an und ändert damit die Umlaufgeschwindigkeit des Drehfeldes. Durch eine geeignete Wahl der Polzahlen

bei den Motoren, indem der Hauptmotor 2stufig, der Hilfsmotor 6stufig ausgeführt wird, kann ein Regelungsverhältnis 1:4 mit 26 Stufen erreicht werden.

Treibt der Hilfsmotor den Stator des Hauptmotors im Sinne seiner Drehrichtung, so arbeitet er als Motor, bei umgekehrter Drehrichtung als Asynchrongenerator. Die Ausführung eines solchen Motors mit 18 Stufen zum Antrieb eines Turbokompressors mit maximal 3500 Umdrehungen (vgl. S 54) beschreibt Hoeffleur[7]).

Die elektrischen Daten dieser Doppelmotoren sind sehr günstige; bei konstantem Moment bewegt der Wirkungsgrad sich zwischen 1000 und 3500 Umdr.-min von 87 bis 91%, der Leistungsfaktor von 0,77 bis 0,95. Die mechanische Ausführung ist aus der Abb. 7 zu ersehen.

Der als Käfigläufer ausgebildete Rotor *1* des Hauptmotors läuft in zwei feststehenden Gleitlagern *2*, auf seiner Welle ist mit umlaufenden Kugellagern *4* der Stator *3* gelagert, der auf seinem Rücken in besonderem Blechpaket *8* die Käfigwicklung des Hilfsmotors trägt. Über dem Ganzen steht der ruhende Stator *9* des Hilfsmotors.

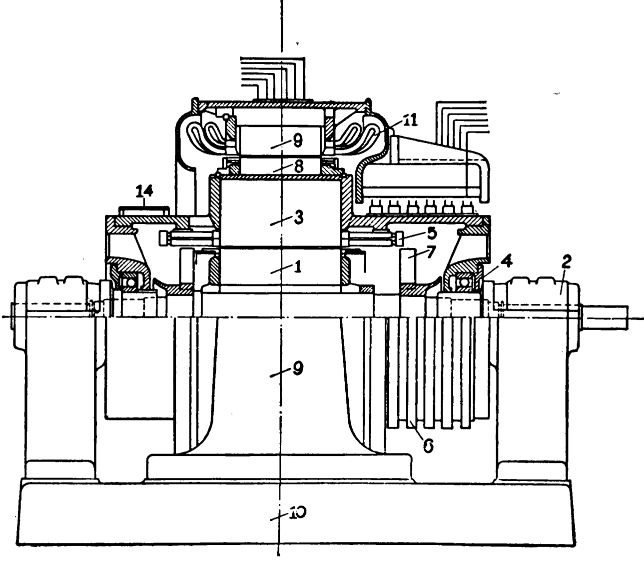


Abb. 7. Doppelrotormotor (aus ETZ 1914, S 873).

Einen Kaskadenmotor für Walzwerksbetrieb mit Polumschaltung für 6 Tourenzahlen zwischen 300 und 514 Umdr./min zum Antrieb einer Fertigstraße beschreibt Oschmann[8]). Die Leistungen sind bei der höchsten Tourenzahl 360 kW, bei der niedrigsten 300 kW, die Spitzenleistungen etwa 50% höher (vgl. S 54).

Von dem im JB 1913, S 34, näher beschriebenen Sandycroft-Motor gibt der Erfinder Hunt[9]) eine sehr eingehende Schilderung seiner Entwicklung. Die Arbeit enthält außerdem eine Anzahl Beispiele sowie Beschreibung eines derartigen Motors mit 3 Tourenzahlen; weiter Schaubilder über Wirkungsgrad und Leistungsfaktor. Leider sind die Wirkungsgrade ohne Berücksichtigung der zusätzlichen Verluste nur gerechnet, so daß der Einfluß der offenen Nuten, welche alle Kaskadenmotoren der Sandycroft-Gesellschaft haben, sowie der Einfluß der sehr verzerrten Felder nicht zum Ausdruck kommt.

Drehtransformatoren. In den letzten Jahren ist die Verwendung von Drehtransformatoren sehr in Aufschwung gekommen, allein die Siemens-Schuckertwerke[10]) haben in den Jahren 1910 bis 1914 435 Stück mit einer Gesamtleistung von 32000 kVA gebaut. Zederbohm[11]) beschreibt nach einer Einleitung über die Wirkungsweise und die geschichtliche Entwicklung die mechanische Ausführung dieser Transformatoren, welche sich besonders dadurch auszeichnet, daß der aktive Teil, wie bei den festen Transformatoren, in einen Ölkessel gestellt wird. Die Arbeit enthält außerdem eine Beschreibung der selbsttätigen Regulierung sowie einiger anderer für den Betrieb notwendiger Einrichtungen.

[1]) Kafka, El. Masch.-Bau 1914, S 65. — [2]) Kafka, El. Masch.-Bau 1914, S 589. — [3]) Fairbanks, Morse & Co., El. World Bd 63, S 1119. — [4]) Siemens-Schuckertwerke, DRP 276658, Kl. 21d. — [5]) Siemens-Schuckertwerke, DRP

270719, Kl. 21d. — [6]) Hoock, El. Masch.-Bau 1914, S 133. — [7]) Hoeffleur, El. Masch.-Bau 1914, S 457. — [8]) Oschmann, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1027. — [9]) Hunt, Jl. Inst. El. Eng. Bd 52, S 406. — [10]) SSW-Mitteilungen 1914, S 182. — [11]) Zederbohm, El. Kraftbetr. 1914, S 208.

Wechselstrom-Kommutatormotoren.

Von Oberingenieur M. Schenkel.

Im Berichte des Vorjahres wurde mitgeteilt, daß die Entwicklung der Wechselstrom-Kommutatormaschinen zu einem gewissen Abschluß gekommen sei. Im Berichtsjahre 1914 läßt sich diese Tatsache noch besser erkennen. Die fabrikmäßige Herstellung der Maschinen, über die nicht soviel bekannt gegeben zu werden pflegt wie über ihre Theorie, in der aber ein nicht minder großer Teil der Entwicklungsarbeit steckt, hat in größerem Umfange eingesetzt, die Maschinen beginnen, sich in der Praxis zu verbreiten, die Praxis nimmt sie willig, wenn auch in manchen Anwendungsgebieten noch etwas zögernd, auf. Dementsprechend tritt die Zahl der Arbeiten, die sich mit den Eigenschaften der Kommutatormaschinen, ihrer Theorie, beschäftigen, gegenüber früheren Jahren an Zahl zurück, während eine deutliche Steigerung von Mitteilungen aus der Praxis über Herstellung oder Verwendung der Maschinen zu bemerken ist.

Gleichzeitig ist im Berichtsjahre eine Abklärung in dem ganzen Gebiete bemerkbar. Unter den unzähligen Formen und Schaltungen der Maschinen ist das Beste ausgewählt und zu einem dauernden, die Elektrotechnik bereichernden Gute gemacht worden. Durchgesetzt haben sich unter den Einphasenmotoren der Reihenschlußmotor (mit verschiedenen kleinen Abweichungen in der Bauart) als Großbahnmotor und der Repulsionsmotor als Motor für kleinere Betriebe; unter den Drehstrom-Kollektormotoren haben bisher nur die mit Reihenschlußverhalten nennenswerte, für ihr Alter sogar erhebliche Verbreitung gefunden. Neben ihnen scheint nur der Drehstrom-Nebenschlußmotor mit Bürstenverschiebung noch Bedeutung zu gewinnen. Alle anderen Motortypen treten gegenüber den genannten an Wert zurück. Neue Maschinen bringt das Berichtsjahr nur zwei, nämlich den Drehstrom-Repulsionsmotor von Heyland und den sog. Phasenschieber, eine Maschine mit Kommutator zur Verbesserung des Leistungsfaktors von Asynchronmotoren.

Die Wechselstrom-Kommutatormotoren in der Praxis. Eine Reihe Aufsätze, die an dieser Stelle genannt sein mögen, weil sie Beschreibungen und Abbildungen von Motoren teilweise recht beträchtlicher Abmessungen enthalten, lassen die häufige Verwendung der einphasigen Reihenschlußmotoren für Bahnbetriebe erkennen. Zolland[1]) beschreibt den Reihenschlußmotor, den die Siemens-Schuckertwerke für die Riksgränsenbahn in Schweden gebaut haben, Seefehlner[2]) den 750pferdigen Reihenschlußmotor der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft für die Bahn Wien-Preßburg. Ein Betriebsbericht[3]) über die kleineren Reihenschlußmotoren (Siemens-Schuckertwerke) der Wechselstromtriebwagen auf der Strecke Spiez-Frutigen der Lötschbergbahn enthält Einzelheiten über diese in Wort und Bild.

Daß mit dem Bau eines guten Wechselstrom-Reihenschlußmotors die Frage des elektrischen Betriebes von Vollbahnen noch nicht befriedigend genug gelöst ist, geht aus den Bestrebungen hervor, an seiner Stelle Gleichstrommotoren mit hoher Spannung zu verwenden. Eine Übersicht über diese Fragen, die noch vollkommen im Fluße sind, und in denen sich zurzeit wohl mehr ein Wunsch als ein Können ausdrückt, gibt Czeija[4]), soweit amerikanische Verhältnisse in Betracht kommen.

Nächst dem Wechselstrom-Kommutatormotor für den Bahnbetrieb hat die Praxis das größte Interesse dem Drehstrom-Reihenschlußmotor für den Fördermaschinenbetrieb entgegengebracht. Bekanntlich gibt es ihn in zwei Ausfüh-

rungsformen, als reinen Drehstrom-Kommutatormotor und als Doppel-Repulsionsmotor. Philippi[5]) erörtert die Gründe, die dazu geführt haben, den Drehstrom-Kommutatormotor neben den anderen elektrischen Fördermotoren einzuführen, beschreibt diejenigen seiner Eigenschaften, die dabei in Frage kamen, und streift die Regel- und Sicherheitsorgane, die er zu seinem Betriebe braucht. Endlich beschreibt er einige von den Siemens-Schuckertwerken gebaute Anlagen. Winkler[6]) erwähnt die auf der Schweizerischen Landes-Ausstellung in Bern gezeigten Kommutatormotoren für Förderzwecke. Lohmann[7]) erörtert ebenfalls ihre Verwendung für Förderzwecke, insbesondere bespricht er diejenigen Änderungen in der Steuerung, die wegen der Eigenschaften der Motoren erforderlich sind. Interesse verdient eine Einrichtung, durch die mittels eines Differentialgetriebes die Bürsten des Kommutatormotors sofort verstellt werden, sobald seine Drehzahl nicht mehr mit einer durch einen kleinen Hilfsmotor angegebenen Drehzahl übereinstimmt. Der Reihenschlußmotor wird durch diese mechanische Einrichtung zum Nebenschlußmotor, d. h. zu einem Motor, dessen Drehzahl von der Belastung unabhängig ist. Indem man die vom kleinen Hilfsmotor angegebene Drehzahl selbst wieder regelt, was mit einfachen Hilfsmitteln möglich ist, kann man den Fördermotor steuern. Wichtig ist dabei, daß die Bürsten des Kommutatormotors bei derartigen Einrichtungen durch eine Hilfskraft verschoben werden und nicht mehr durch die Kraft des steuernden Maschinisten. Auch in diesem Aufsatz werden Drehstrom-Kommutatormotoren beschrieben und abgebildet. Fritze[8]) beschäftigt sich mit dem Einfluß, den die Eigenschaften der neuen Kommutator-Fördermotoren auf den Entwurf der Förderdiagramme haben. Statt der geraden Linie der Anlaufumlaufzahl, die bei den bisher üblichen Nebenschlußmaschinen gebräuchlich war, verwendet man beim Kommutatormotor am besten die Parabel, wodurch vor allem vermieden wird, daß dem Netz starke Stromstöße entnommen werden. Diese Erkenntnis ist für die Praxis besonders wertvoll. Unter Zugrundelegung dieser Anfahrlinie wird ein Rechenverfahren zur raschen und einfachen Ermittlung der Förderdiagramme für Motoren mit Reihenschlußcharakter angegeben und für die im Betriebe vorkommenden Fälle mit Zahlenbeispielen durchgeführt.

Die Bergmann-E-W[9]) beschreiben eine Anwendung von Drehstrom-Kommutatormotoren in der Petroleumgewinnung.

Blau[10]) beschäftigt sich mit dem Kollektormotor als Hintermotor für asynchrone Motoren zur Regelung von deren Drehzahl, und mit der Benutzung derartiger Maschinensätze in Bergwerks- und Hüttenanlagen.

Beschreibungen normaler Repulsionsmotoren werden noch von verschiedenen Herstellern[11]) geliefert.

Einphasen-Kommutatormotoren. Der Einphasen-Kommutatormotor ist im Berichtsjahre sehr wenig behandelt worden. Die für diese Maschinen grundlegenden Fragen wurden in den vergangenen Jahren so gründlich erledigt, daß einer guten praktischen Ausführung nichts im Wege steht. Schenfer[12]) untersucht die Kommutierung eines Einphasen-Reihenschlußmotors der Siemens-Schuckertwerke experimentell, indem er eine Ankerspule zur Messung des Stromverlaufes zugänglich macht und an einer Stelle des Ankers eine Meßwicklung zur Beobachtung des Feldverlaufes anbringt. Unter den oszillographischen Aufnahmen interessieren besonders die über die Verbesserung der Kommutation durch die Wendepole und die über die Rückwirkung der Kurzschlußströme unter den Bürsten auf das Feld der Maschine. Der Verfasser schließt aus seinen Versuchen, daß die Ursache zum Feuern eine zu große Stromdichte an der funkenden Bürstenkante ist. Folgerungen allgemeiner Art, die auf andere Maschinen übertragbar oder anwendbar wären, werden nicht gezogen. Moser[13]) leitet für den Repulsionsmotor unter Vernachlässigung der Sättigung, des Ständerwiderstandes und unter der Annahme sinusförmig verteilter Felder ein Kreisdiagramm für den Repulsionsmotor ab. Es ist im Aufbau dem Heylandschen Diagramm für den Asynchronmotor ähnlich. Strom, Phasenverschiebung, Drehmoment und Geschwindigkeit lassen sich mit Hilfe geeigneter Linien

aus ihm ablesen. Durch Vernachlässigung des Läuferwiderstandes läßt es sich noch weiter vereinfachen. Formeln werden angegeben, die gestatten, die erforderlichen Größen zur Aufzeichnung des Kreises aus den Abmessungen der Maschinen zu ermitteln, ebenso ein Weg, wie man durch Versuch gefundene Werte dazu verwendet. Obgleich die dem Diagramm entnommenen Größen durch Vernachlässigung der Sättigung und durch die wenig zutreffende Annahme sinusförmiger Felder an Genauigkeit einbüßen, gibt es doch einen guten Überblick über das Verhalten des Motors, ist verhältnismäßig einfach und daher brauchbar.

Drehstrom-Kommutatormotoren. Das große Interesse, das die Praxis den Drehstrom-Kommutatormotoren entgegenbringt, zeigt sich auch in den verhältnismäßig zahlreichen Arbeiten, die über dieses Gebiet erschienen sind. Heyland[14]) beschreibt einen neuen Drehstrom-Kommutatormotor, den er mit dem Namen Drehstrom-Repulsionsmotor belegt hat, weil dieser Motor, ähnlich wie der einphasige Repulsionsmotor, einen vom Netz völlig abgesonderten, über Bürsten kurzgeschlossenen Anker besitzt. Ganz unbekannt ist dieser Motor freilich nicht gewesen, indessen ist das Neue, was Heyland an ihm nachweist, daß ein solcher Motor einen sehr guten Leistungsfaktor erreichen kann. Um das zu erzielen, muß der Anker des Motors eine Wicklung mit Sehnenschritt besitzen. Die Regelung erfolgt durch Bürstenverschiebung, meist so, daß einige Bürsten feststehen bleiben, während sich andere bewegen. Der Motor hat einen nach den oberen Drehzahlen hin abnehmenden Reihenschlußcharakter, er kann den Synchronismus nur wenig überschreiten. Seine Typengröße liegt über der des Drehstrom-Reihenschlußmotors, aber er hat diesem gegenüber den Vorteil, daß er keinen Transformator braucht. Verglichen mit dem einphasigen Repulsionsmotor gleicher Leistung, wird er kleiner. Der Leistungsfaktor Eins kann von halber Last ab erreicht werden. Die Arbeiten Heylands über diesen Motor halten sich vorläufig in der Form von Mitteilungen; rechnerische Nachweise, wie der Motor zu den genannten Eigenschaften kommt, stehen noch aus.

Schrage[15]) beschäftigt sich weiter mit dem schon im Berichte des Vorjahres erwähnten Drehstrom-Nebenschlußmotor, der mit Bürstenverschiebung geregelt wird. Im Gegensatz zu dem bisher bekannten Nebenschlußmotor nach dem Patent Winter-Eichberg besitzt dieser Motor eine vollkommen stetige Regelung, ist bedeutend einfacher und läßt sich daher billiger herstellen, so daß er recht gute Aussichten auf Erfolg besitzt. Das Kreisdiagramm dieses Motors wird abgeleitet. Die unsymmetrische Bürstenverschiebung der beiden Bürstensätze zur Erzielung eines guten Leistungsfaktors im ganzen Regelbereiche wird erkannt. Die im Vergleich zu dem bekannten Nebenschlußmotor günstigen Stromwendeverhältnisse werden erörtert. Der Motor hat, ohne einen Anlaßwiderstand zu benötigen, ein hohes Anzugmoment. Ausführungen werden im Bilde gezeigt.

Meyer-Delius[16]) untersucht, ausgehend vom Gleichstrommotor, die Bedingungen, unter denen ein Mehrphasenmotor arbeiten kann und ermittelt sein Spannungsdiagramm. Hierauf wird ein Kreisdiagramm für einen Mehrphasen-Reihenschlußmotor mit Erregerwicklung und feststehenden Bürsten abgeleitet. Dieses Diagramm ist auch für den Motor mit einfachem beweglichen Bürstensatz verwendbar, muß jedoch für jede Bürstenstellung einzeln entworfen werden.

Jonas[17]) beschreibt „ein Verfahren zum Regeln von Mehrphasen-Reihenschlußmotoren mit Doppelbürsten, durch Bürstenverschiebung, bei dem der Motor beim Verschieben nur eines Bürstensatzes aus dem Bereich guter Phasenkompensation in das Bereich stabilen Verhaltens bei kleinen Drehzahlen gelangt". Der bewegliche Bürstensatz führt weniger Strom als der feste, und es müssen die durch den Strom des festen Satzes erzeugten Läufer-Amperewindungen kleiner sein, als die durch den Ständerstrom erzeugten. Ein derartiger Motor hat die Eigentümlichkeit, daß er bei geeigneter Stellung des festen Bürstensatzes zur Ständerachse keine Stellung des beweglichen Bürstensatzes besitzt, bei der das Drehmoment Null ist.

v. Kleist[18]) beschäftigt sich mit der quantitativen Berechnung von Drehstrom-Reihenschlußmotoren mit einfachem und mit doppeltem Bürstensatz unter Berücksichtigung der Sättigung und der Streuung. Er weist nach, daß sowohl bei der Berechnung des Drehmoments wie bei der der magnetomotorischen Kraft bestimmte, mit dem Übersetzungsverhältnis und der Bürstenstellung zusammenhängende Größen wiederkehren, die er analytisch und graphisch darstellt und durch die die Rechnung wesentlich vereinfacht wird. Er zeigt ferner, daß die Streuung, obwohl für den synchronen Lauf des Motors wenig wichtig, doch für den Anlauf nicht vernachlässigt werden darf. Der Einfluß von Zwischentransformatoren auf das Verhalten des Motors wird ebenfalls, wenn auch kürzer, behandelt. Das Berechnungsverfahren wird an einem Zahlenbeispiel erläutert.

Phasenschieber. Unter Phasenschiebern versteht man Kommutatormaschinen, die nur die Aufgabe haben, Erzeuger wattloser Spannungen zu sein. Indem man diese Spannungen in die Ankerkreise asynchroner Maschinen einfügt, entlastet man das Netz, das die asynchronen Maschinen speist, von der Lieferung wattlosen Stromes, ja, man kann sogar solchen an das Netz liefern. Der mit einem Phasenschieber ausgestattete Motor arbeitet infolgedessen mit dem Leistungsfaktor Eins oder sogar mit Voreilung. Obwohl der Phasenschieber beträchtliche Ströme führt, ist er im Vergleich zu dem Motor, den er kompensiert, doch nur eine kleine Maschine, weil er infolge der sehr kleinen Frequenz der Ankerströme asynchroner Maschinen nur niedrige Spannungen zu liefern braucht. Da also die Phasenschieber bei guter Wirkung billige Maschinen sind, dürfte ihnen der Erfolg in der Praxis sicher sein. Obwohl ihr Prinzip seit langem bekannt ist, treten sie im Berichtsjahre doch zum ersten Male deutlicher auf (vgl. S 55).

Rüdenberg[19]) behandelt in anschaulicher Weise eigenerregte und fremderregte Phasenschieber. Der eigenerregte Phasenschieber ist eine besonders einfache Kollektormaschine, deren Ständer unbewickelt ist. Der fremderregte Phasenschieber hat außerdem noch Schleifringe und ist mit dem Netze durch einen Transformator verbunden, ist deshalb teuer. Beide Maschinen benötigen zu ihrem Antriebe nur kleine, die Reibungsverluste deckende Maschinen, da sie ja kein Drehmoment besitzen. In der Arbeit wird der Verwendungszweck erläutert und die Wirkungsweise beschrieben. Eine Anzahl praktischer Ausführungen werden gezeigt und die Wirkungen auf Hauptmotor und Netz erörtert. Die verschiedenen vorhandenen Bauarten der Phasenschieber werden besprochen und einer vergleichenden Kritik unterworfen. Endlich werden Gesichtspunkte für eine sehr einfache Berechnung derartiger Maschinen gegeben, mit Formeln und Kurven.

Brown, Boveri & Co.[20]) erörtern in einem Artikel den Phasenschieber ihrer Bauart, der sich grundsätzlich nicht von den bekannten unterscheidet, sondern nur die Eigentümlichkeit hat, daß sein Ständer mitsamt dem Anker rotiert. Auch hier werden Ausführungsbeispiele beschrieben.

Garrard[21]) verbreitet sich ebenfalls über die Eigenschaften derselben Maschinen, jedoch zu dem besonderen Zwecke, zu zeigen, wie sie geschaltet, angelassen und betrieben werden müssen und welche Sicherheitsapparate erforderlich sind, um sie beim Anlassen oder beim Stehenbleiben des asynchronen Hauptmotors vor den alsdann aus dessen Rotor kommenden großen Spannungen zu schützen.

Allgemeines. Grünholz[22]) behandelt Energieschwingungen in Elektromaschinen und bespricht dabei auch die Selbsterregungserscheinungen in Kollektormotoren, deren Ursachen und die Bedingungen für ihr Zustandekommen.

Brown, Boveri & Co.[23]) geben Schaltungen für den Drehstrom-Reihenschlußmotor an, die dessen Selbsterregung beim Betriebe als Motor (vgl. JB 1913, S 41, Nr. 36) vermeiden helfen. Eins der Mittel besteht darin, jede Phase der Ständerwicklung auf mehr als ein Drittel des Umfangs der Bohrung zu verteilen. Ein weiteres Mittel besteht in Unterteilung der Ständerwicklung

und der Sekundärwicklung des speisenden Transformators. Steht eine Hälfte der Bürsten fest, so muß der speisende Transformator in zwei in Reihe geschaltete einzelne Transformatoren aufgelöst werden. Beim Anlauf entfällt auf den einen von beiden die volle Netzspannung. Diese beiden Nachteile werden dadurch wieder etwas ausgeglichen, daß infolge der hohen Sättigung des Transformators, auf den die volle Netzspannung fällt, der Motor mit etwas weniger Feld und mehr Strom anfährt und daher unter dem Anfahrfeuer weniger leidet.

Srnka[24]) untersucht durch Messungen das gesamte Bremsgebiet eines Drehstrom-Reihenschlußmotors der Siemens-Schuckertwerke. Der Motor war mit doppeltem Bürstensatz ausgestattet. Die Selbsterregung des Motors wird experimentell gestreift. Es wird bestätigt, daß die Selbsterregung durch kleine Widerstände unterbunden werden muß, daß dann aber die Rückgabe von Leistung in das Netz möglich ist. Schlußfolgerungen allgemein verwendbarer Natur werden aus den Versuchen nicht gezogen, vielmehr beschränkt sich die Arbeit auf die Darstellung der Messungen.

Erwähnt sei noch das Buch von Eichberg[25]) „Gesammelte elektrotechnische Arbeiten", das im Berichtsjahre die einzige Erscheinung in Buchform auf dem Gebiete der Wechselstrom-Kommutatormotoren ist. Wie sein Titel sagt, faßt es die verschiedenen Arbeiten des Verfassers auf diesem Gebiete zusammen, die er in früheren Jahren geschrieben hat. Es bietet deshalb nichts Neues, soll aber an dieser Stelle als zusammenfassendes Werk genannt werden.

[1]) Zolland, El. Kraftbetr. 1914, S 161. — [2]) Seefehlner, El. Masch.-Bau 1914, S 830. — [3]) ETZ 1914, S 1082. — [4]) Czeija, El. Masch.-Bau 1914, S 301. — [5]) Philippi, ETZ 1914, S 500. — [6]) Winkler, ETZ 1914, S 1025. — [7]) Lohmann, El. Kraftbetr. 1914, S 81. — [8]) Fritze, Z. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 740. — [9]) Bergmann-E-W, El. Kraftbetr. 1914, S 304. — [10]) Blau, El. Masch.-Bau 1914, S 593. — [11]) El. Masch.-Bau 1914, S 15, Anhang S 141. — [12]) Schenfer, El. Masch.-Bau 1914, S 25. — [13]) Moser, El. Masch.-Bau 1914, S 669. — [14]) Heyland, ETZ 1914, S 85, 725; DRP 269307, Kl. 21d. — [15]) Schrage, ETZ 1914, S 89; DRP 260319, Kl. 21d; Lum. él. R 2, Bd 25, S 233. — [16]) Meyer-Delius, Gen. El. Rev. 1914, S 124, 817. — [17]) Jonas, ETZ 1914, S 702. — [18]) v. Kleist, ETZ 1914, S 1005. — [19]) Rüdenberg, El. Kraftbetr. 1914, S 425. — [20]) Brown, Boveri & Co., Lum. él. R 2, Bd 25, S 395. — [21]) Garrard, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 652. — [22]) Grünholz, Arch. El. Bd 2, S 533. — [23]) Brown, Boveri & Co., Lum. él. R 2, Bd 25, S 315, 441. — [24]) Srnka, El. Masch.-Bau 1914, S 365. — [25]) Eichberg, Gesammelte Elektrotechnische Arbeiten.

Drehumformer und Gleichrichter, Transformatoren, Elektromagnete.

Von Privatdozent Dr. Max Breslauer.

Drehumformer. Auch das Jahr 1914 bringt keine wesentlichen Neuerungen. Immer noch spielt die Abwägung der Vorteile und Nachteile bei der Vergleichung von Einankerumformern gegenüber Motorgeneratoren eine wichtige Rolle. Hingegen scheinen die Kaskadenumformer das Interesse weniger zu fesseln, als dies bisher der Fall war. Wenigstens ist im Berichtsjahre über diesen Typ nichts zu finden. Bei der Gegenüberstellung von Einankerumformern und Motorgeneratoren bricht H. Ring[1]) eine Lanze zugunsten des Motorgenerators, indem er hauptsächlich die betriebstechnische Einfachheit dieses Typs gegenüber den verhältnismäßig zahlreichen Hilfsmaschinen und Apparaten, welche beim Einankerumformer erforderlich sind, mit Recht hervorhebt. Er zählt auf, daß, um die Möglichkeit zu haben, einerseits stets den Leistungsfaktor 1 zu erhalten, anderseits die Spannung nach Bedürfnis ändern zu können, gleichzeitig aber auch eine gewisse Elastizität beim Parallelbetrieb zu erzielen, außer dem Haupttransformator erforderlich ist: 1. ein drehbarer Zusatztransformator, 2. eine Drosselspule und 3. eine Gegenverbundwicklung. Jeder dieser Apparate ist nicht frei von Störungsquellen und alle müssen aufeinander aufs sorgfältigste

abgestimmt sein. Einen bemerkenswerten Artikel über Einankerumformer für die in Amerika häufig vorkommende Schwingungszahl 60 bringt Crecelius[2]). Man findet hier den wahren Grund, welcher offenbar die Ursache war, daß der Kaskadenumformer in den Hintergrund tritt. Es ist dies die von Crecelius als besonders nützlich hervorgehobene Verwendung der Wendepole, durch welche eine Erhöhung der Drehzahl trotz der damit verbundenen geringen Polzahl ermöglicht wurde. Anderseits wird die Beobachtung wertvoll sein, wonach gerade das Vorhandensein der Wendepole zu bedenklichen Schwierigkeiten Anlaß gibt, wenn die Primärmaschinen von Kolbenmaschinen getrieben werden, weil dann die hierdurch hervorgerufenen Pulsationen gefährliche Schwankungen am Umformer zur Folge haben, welche bis zum Außertrittfallen anwachsen können. Ausgezeichnet bewähren sich jedoch derartige Umformer mit Wendepolen, sobald die Zentrale Turbinenantrieb hat.

Auch die Frage der höheren Erwärmung des Kupfers an den Anzapfstellen wird einer Untersuchung unterzogen, wobei als interessantes Ergebnis für einen 6-Phasenumformer sich herausstellt, daß im Vergleich zu seiner Benutzung als Generator die Kupferwärme beträgt:

bei Leistungsfaktor =	1,0	0,975
als Mittel aller Spulen	27%	31,3%
für die Anzapfstellen	41,8%	65,6%

Diese Werte sind es, nach welchen die Kupferabmessungen zu bestimmen sind, wenn unliebsame Erfahrungen vermieden werden sollen.

Von einer wichtigen Erfahrung an Einankerumformern berichtet W. Linke[3]), wonach sich über den von dem Umformer gelieferten Gleichstrom häufig ein Wechselstrom höherer Schwingungszahl überlagert. Hierdurch wird die Stromwendung selbst bei gut eingestellten Wendepolen ungünstig beeinflußt, und es wird als Ursache hierfür gefunden, daß diese Erscheinung immer dann auftritt, wenn Netzspannung und Umformerspannung sich um eine 5. bzw. 7. Oberschwingung unterscheiden. Die übergelagerte Wechselspannung hat dann die 6fache Höhe der Grundschwingungszahl; unterscheiden sie sich um eine 11. bzw. 13. Oberschwingung, so erhält der übergelagerte Wechselstrom das 12fache der Grundschwingungszahl. Als Abhilfe wird praktisch und theoretisch die Hinzufügung einer Drosselspule als notwendig erkannt, wobei die Angabe bemerkenswert ist, daß die Größe dieser Drosselspule einer Drosselung von nicht weniger als 20% der kVA des Umformers entsprechen mußte. Sollte diese Schwierigkeit tatsächlich häufig vorkommen, und dies scheint der Fall zu sein, da ähnliche Beobachtungen auch sonst in der Praxis gemacht worden sind, so würde dies die Hinzufügung eines weiteren Hilfsapparates bedeuten, welcher abermals zugunsten des Motorgenerators sprechen würde.

Trotzdem weist Bonnet[4]) auf den in Zentralen tief eingreifenden Einfluß des höheren Wirkungsgrades hin, der für Einankerumformer spricht, und weist auf wesentliche Ersparnisse hin, die er an Hand von Kurven und Tabellen nachweist.

Ferner zeigt Burnham[5]), daß die Zeiten, wo der Einankerumformer, besonders bei den in Amerika üblichen 120 Wechseln, eine Maschine großer Empfindlichkeit und häufiger Störungen gewesen ist, endgültig vorüber sind, seitdem man gelernt hat, Kollektoren mit höherer Umfangsgeschwindigkeit zu bauen, wobei er hervorhebt, daß 30 m/s noch als mäßig angesehen werden. Hierdurch erhielt man größeren Abstand zwischen den Bürstenbolzen, welcher in Verbindung mit dickerem Glimmer zwischen den Lamellen, trotz erhöhter mittlerer Lamellenspannung und trotz um 95% gesteigerter Materialausnutzung, das gefürchtete Rundfeuer beseitigt hat. Erreicht wurde dies durch gute künstliche Kühlung des Kollektors. Die Verwendung von Dämpfungsringen wird ebenfalls hervorgehoben.

Bemerkenswert ist ein Bericht über die Verwendung des Synchronmotors für Ausgleichung starker Phasenverschiebung an dem Netz in einer Arbeit

von Unland[6]), wonach die Aufstellung eines solchen sich tatsächlich durch Ersparnis an Kabeln, Primärmaschinen und Betriebskosten bezahlt machen soll. Formeln zur Berechnung solcher Typen werden abgeleitet.

Endlich sei noch auf den bemerkenswerten Umformer von Amsler[7]) für Umwandlung von hochgespannten in niedergespannten Gleichstrom verwiesen, welcher besonders für Zugbeleuchtung in solchen Fällen dient, wo die Oberleitung mit 1500 bis 2500 V gespeist wird, während mit 115 V beleuchtet werden soll. Es ist natürlich ein kleiner Motorgenerator, dessen Wesen bereits in ETZ 1912, S 341, beschrieben ist, welcher neuerdings mit einem Schnellregler in der Erregung der Beleuchtungsdynamo versehen wird. Die Erregung des Hochspannungsmotors geschieht von der Niederspannungsseite, daher strenge Nebenschlußcharakteristik. Hervorgehoben wird, daß dieser Typ jetzt völlig normalisiert ist und sich durch große Betriebssicherheit und geringes Gewicht auszeichnet.

Quecksilbergleichrichter. Die Frage des Quecksilbergleichrichters für große Leistungen scheint seit den grundlegenden Veröffentlichungen von Epstein, soweit die Literatur erkennen läßt, noch keine wesentlichen Fortschritte gemacht zu haben. Es ist zu erwarten, daß diese wichtige Neuerung in einem Zustand der konstruktiven Durchbildung sich befindet.

B. Schäfer[8]) gibt einen Abriß über die geschichtliche Entwicklung und sucht gewisse Prioritätsfragen zu klären. Wichtig ist hierbei zu erfahren, daß der Bau dieser Apparate von Brown, Boveri & Co. in Mannheim übernommen worden ist. Demnach ist der Bau dieser Apparate außer in Händen der AEG auch noch in den Händen einer zweiten Großfirma, so daß auf baldige Erfolge gerechnet werden kann.

F. W. Meyer[9]), Pittsburgh, versucht die Bedeutung des Quecksilbergleichrichters in einem längeren Artikel für die Geschwindigkeitsregelung von Drehstrommotoren zur Umgehung eines Kommutators klarzulegen, ohne jedoch dieses Ziel im wesentlichen erreichen zu können.

Hingegen ist die Arbeit von Maurice Leblanc[10]) insofern von beträchtlichem Interesse, als sich darin die Angabe befindet, daß die General Electric Co. einen neuen Eisentyp für 100 kW für 600 bis 700 A bereits marktfähig liefert, und mit diesem Typ bis zu 15000 kW zu gelangen hofft. Interessant ist ferner die Bemerkung, daß ein solcher Quecksilbergleichrichter von 100 kW etwa 300 kg wiegt und einen Flächenbedarf von 1 m² hat, während eine rotierende Maschine gleicher Größe bei $n = 1000$ 2200 kg wiegt und 3 bis 4 m² Fläche erfordert. Auch wird die Angabe größte Aufmerksamkeit erfordern, daß die Westinghouse Co. bereits eine Lokomotive für die New York und Hartford Railway ausgerüstet hat.

Für die Beurteilung der praktischen Verwendbarkeit des Quecksilbergleichrichters sind Angaben[11]) von Interesse, wonach in einer Zentrale in Detroit, Mich., solche Apparate in Glasgefäßen bis zu 100000 Betriebsstunden Dienst getan haben, während nur 500 Stunden gewährleistet sind. Als mittlere Lebensdauer wurden 2239 Stunden beobachtet. Dabei wird jedoch der außerordentliche Einfluß richtiger Behandlung hervorgehoben, insbesondere die Konstanthaltung der Temperatur. Die Glasgefäße waren in ein gekühltes Ölbad getaucht, welches ständig auf einer Temperatur von 25° gehalten wurde. Außerdem wurden ständige Schüttelvorrichtungen in Betrieb gehalten, um den Lichtbogen wieder herzustellen, sobald er abreißen sollte. Auch das häufige Waschen und darauffolgende gute Trocknen der Gefäße wurde sorgfältig beobachtet. Die Erfahrungen bezogen sich auf nicht weniger als 32 Gleichrichter für je 75 Lampen.

Weitere Betriebsangaben über die Quecksilbergleichrichter bringt Green[12]) hauptsächlich vom Standpunkt der Verwendung bei Bogenlampen. Auch aus diesem Artikel ist herauszulesen, welche überragende Wichtigkeit die Kühlungsfrage einnimmt, die jetzt, wie bereits oben erwähnt, zugunsten des wassergekühlten Ölgefäßes gelöst erscheint.

Eine sehr eingehende theoretische Untersuchung über das Verhalten des Quecksilberventils bei verschiedenen Schaltungen in Verbindung mit Widerstand, Kapazität und Induktivität stellt Jaeger[13]) an. Er findet, daß außer den Sinusgliedern in den Kurven für Strom und Spannung auch noch Potenzfunktionen von *e* auftreten. Er weist darauf hin, daß seine Ausführungen für die Verbreiterung der Durchlaßzone von praktischer Bedeutung sind.

Elektrolytische Gleichrichter. Über die Fortschritte auf diesem Gebiet sind in dem Berichtsjahre ebenfalls einige Mitteilungen zu finden. So berichtet Greinacher[14]) über Versuche an einem Gleichrichter für Erzeugung konstanter Gleichspannung bei Strömen, die kleiner sind als 0,1 mA. Er besteht aus der bekannten Ventilzelle, welche in diesem Falle als Elektroden Drähte von 1 mm Durchmesser aus Aluminium und Eisen besitzt, die in ein Reagenzglas mit konzentrierter Natriumbikarbonatlösung eintauchen. Es wird angegeben, daß 4 Zellen genügen, um 200 V abzudrosseln. Die Wellenform des erzeugten Stromes wird durch eine besondere Schaltung der Ventilzellen mit einem parallel geschalteten Kondensator beseitigt. Das Anwendungsgebiet dieser Versuche scheint jedoch auf die Meßtechnik beschränkt zu sein.

Elektromagnete. Wie im Bericht vom vorigen Jahre an dieser Stelle vorausgesehen, hat sich aus den neu gewonnenen Erkenntnissen, die Schüler aus seinen Untersuchungen über die Wirkungsweise von Elektromagneten ziehen konnte, ein praktisches Anwendungsgebiet von großer Bedeutung entwickelt. In einer neueren Veröffentlichung zeigt Schüler[15]) die Anwendbarkeit seiner Hubmagnete für den rationellen Bau von Hämmern für jede Art Zwecke. Die von ihm hervorgehobenen Schwierigkeiten bestehen darin, daß, wenn man den Magnet zu einer hin und her gehenden Bewegung veranlassen will, der Strom am Ende eines jeden Hubes ausgeschaltet werden muß. Der Rückweg kann natürlich durch eine Rückzugsfeder bewerkstelligt werden, welche, wie Schüler mit Recht hervorhebt, nur schwach zu sein braucht, wenn man dem Rückzug mehr Zeit zur Verfügung stellt als dem Nutzhub.

Die Schwierigkeit liegt nun in der Funkenbildung, welche vermöge der angesammelten Energie am Ende des Hubes sehr groß ist und durch keine rationellen Mittel beseitigt werden kann, besonders wenn man bedenkt, daß hiermit unerträgliche Energieverluste, d. h. schlechter Wirkungsgrad, verbunden wären. Schüler verwendet hier nun einen genialen Kunstgriff. Bekannt ist die unangenehme Tatsache, daß beim Einschalten eines Wechselstromes im Augenblick, wo die Spannung durch Null hindurchgeht, dieser aufs doppelte seiner Amplitude hinaufschnellt — Einschaltstoß —, um nach Ablauf einer vollen Periode auf Null zu sinken. Schüler nutzt diese Eigenschaft dahin aus, daß eine besondere, mit einem Synchronmotor verbundene Kontaktvorrichtung die Einschaltung im Momente des Spannungsnullpunktes bewirkt, um nach Ablauf einer Periode, d. h. im Momente des Stromnullpunktes, funkenlos auszuschalten. Während dieser Zeit ist die Hammerwirkung, d. h. die Anziehung des Magnets, erfolgt, und der Rückgang wird mit Hilfe der Rückzugfeder innerhalb der nächsten zwei Perioden von statten gehen. Bei den üblichen 50 Perioden erhält man auf diese Weise $16^2/_3$ Hammerschläge in der Sekunde, eine Zahl, welche für den praktischen Betrieb sich als brauchbar erwiesen hat und mit der Schlagzahl von Drucklufthämmern gut übereinstimmt. Bemerkenswert ist, daß nach diesem System das ganze Werkzeug für den Betrieb als Meißelhammer samt Griff und Schalter

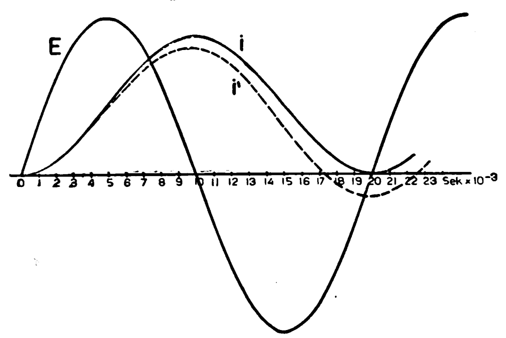


Abb. 8. Einschaltstoß (aus ETZ 1914, S 564).

nicht mehr als 6 kg wiegt, also schon recht gut mit einem Drucklufthammer gleicher Leistung, welcher etwa 5 kg wiegt, verglichen werden kann. Dabei bleibt das Werkzeug kalt und weist einen Wirkungsgrad von 60% auf. Bei einer Energieaufnahme von 200 W und einer Energieabgabe von 122 W kann dieser Wirkungsgrad auch vom Standpunkte gleich großer Motoren als vorzüglich bezeichnet werden. Sollte sich das System in der Praxis bewähren, so würde Schüler hiermit ein Werkzeug geschaffen haben, welches von der gesamten Technik als neues wertvolles Hilfsmittel freudig begrüßt werden wird.

Nach diesem System ausgeführte Hämmer verschiedener Größe sind von Schüler öffentlich vorgeführt worden, und bei der daran anschließenden Erörterung[16]) kam zutage, daß dieselbe Aufgabe auch von anderer Seite und auf anderem Wege derzeit in Angriff genommen wird, so daß auch Hoffnung besteht, noch weitere interessante Lösungen in nächster Zeit kennen zu lernen.

Im Zusammenhang mit der Verwendung von Wechselstrommagneten, jedoch in der üblichen Form der konstanten Ausnutzung der Zugkraft, stehen die Untersuchungen von Underhill[17]), welcher sich zur Aufgabe macht, die Zugkraft eines Magnets des eisengeschlossenen Typs von ähnlicher Form wie die von Schüler benutzte bei verschiedenen Luftspalten und bei verschiedener Lage des Luftspaltes im Verhältnis zur magnetisierenden Spule zu messen und die Ergebnisse mit der Vorausberechnung zu vergleichen. Hierbei stützt sich der Verfasser auf die bekannte Maxwellsche Zugkraftformel und trifft hierbei auf die besonders bei Wechselstrom außerordentlich große Schwierigkeit der Berechnung des Einflusses der Streuung. Es wäre interessant, die sehr eingehenden Messungen auf Grund neuerer Anschauungen über die physikalischen Vorgänge in solchen Magneten zu analysieren, welche auf der Grundlage beruhen, daß der magnetische Widerstand zweier benachbarten Stellungen des beweglichen Teiles des Magnets berechnet wird, um auf diese Weise aus der Differenz des magnetischen Energieinhaltes beider Stellungen auf die Zugkraft schließen zu können. Durch die ganze Literatur der Elektromagnete windet sich als roter Faden die immer wiederkehrende Schwierigkeit der Vorausberechnung der Streuverhältnisse. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, behandelt Jasse[18]) an Stelle der Zug- bzw. Hubmagnete die der Rechnung zugänglicheren Drehmagnete. Nachdem festgelegt ist, daß zunächst die Wirkung eines bewickelten gegenüber einem unbewickelten Anker wesentlich günstiger ist, werden Formeln für die Berechnung verschiedener Ankerarten abgeleitet und hierbei auch die Sättigung berücksichtigt. Die gewonnenen Formeln werden an Hand von ausgeführten Magneten bestätigt.

Einen interessanten Beitrag zur Bemessung glockenförmiger Lasthebemagnete liefert Metzler[19]), indem er davon ausgeht, Formeln zu finden, nach denen mit den geringsten Materialkosten die höchsten Zugkräfte erzielt werden können. Er zeigt an der vollständigen Durchrechnung dreier Typen für 100, 150 und 200 W die Anwendung dieser Formeln und vergleicht diese Größenabmessungen mit anderen marktgängigen Typen und Literaturangaben, nach welchen seine Abmessungen sich als außerordentlich günstig erweisen.

Der Vollständigkeit wegen seien noch die Arbeiten von Schwartz[20]) erwähnt, worin eine Anzahl Formeln und praktische Winke zur Berechnung der Hubarbeit elektromagnetischer Lüftungsbremsen angegeben werden.

Transformatoren. Unter den Arbeiten dieses Jahres ist nichts zu bemerken, was als wichtige Neuerung betrachtet werden könnte. Bemerkenswert ist eine längere Erörterung, welche sich zwischen den Herren Sumec, Niethammer und Pichelmayer[21]) abgespielt hat. Es handelt sich um die Behandlung des sog. allgemeinen Transformators, d. h. um die Auffassung, wonach jede elektrische Maschine, gleichviel ob Motor, Generator oder ruhender Transformator, ganz allgemein als Transformator aufzufassen ist. Nur ist bei allen denjenigen Typen, welche nicht tatsächlich zum Transformator im engeren Sinne zu rechnen sind, diese Auffassung insofern zu berichtigen, als die Verkettung

der Kraftlinien infolge der eigentümlichen Wickelanordnungen nicht in einfacher Weise zu übersehen ist.

Im allgemeinen hat sich die Praxis damit abgefunden, die ursprünglich physikalische Anschauungsweise, bestehend in Kraftlinien, Feldstärken, Amperewindungen und elektromotorischen Kräften, auch in solchen Fällen beizubehalten, die obenerwähnten Schwierigkeiten jedoch dadurch zu beseitigen, daß sog. Wickelfaktoren, welche verhältnismäßig leicht und streng berechnet werden können, eingeführt werden. Dieser Auffassung schließt sich Niethammer rückhaltlos an, und bietet durch Aufstellung der Wickelfaktoren dem Berechnungsingenieur übersichtliche Formeln, welche unmittelbar benutzbar sind. Demgegenüber scheinen die Bemühungen von Sumec, so wertvoll die Ableitungen, wie alles, was Sumec vorbringt, auch sein mögen, nicht die Überzeugung zu bestärken, daß das Rechnen mit Induktivitäten für die Praxis der Starkstromtechnik je von Bedeutung werden könnte.

Überraschenderweise schließt sich auch Pichelmayer, dessen Bedeutung als praktischer Ingenieur außer Frage steht, den Ausführungen von Sumec an, ohne jedoch ebenfalls überzeugen zu können.

Von theoretischen Arbeiten erscheinen wieder diejenigen von Vidmar[22]) als wichtig. Vidmar stellt sich die Aufgabe, den Einfluß der Streuung zwischen Hoch- und Niederspannung nicht bloß auf den Spannungsabfall festzustellen, sondern auch in bezug auf die Parallelschaltung und in bezug auf die zu erwartenden mechanischen Kräfte bei auftretendem Kurzschluß. Zur Berechnung der Streuung leitet er die Formel ab

$$e_s = i \cdot \frac{8 \cdot \nu \cdot w}{e \cdot l_s} \left(\frac{2a}{3} + \delta\right) U \cdot 10^{-6},$$

worin e_s = Verhältnis Streuspannung zu Betriebsspannung in Prozenten, ν = Periodenzahl, w = Windungszahl einer der beiden Wicklungen, δ = Abstand der beiden Wicklungen, l_s = Wickellänge einer der beiden Wicklungen $+ 2a$, a = Wickelhöhe einer der beiden Wicklungen, U = Umfang des Zwischenraumes zwischen den beiden Wicklungen, i = Vollaststrom, wobei diese Formel für Zylinderwicklung gilt.

Er macht nun hiervon eine interessante Anwendung auf die bei Kurzschluß auftretenden Stoßkräfte und kommt zu der bemerkenswert einfachen Beziehung

$$\text{Größte Stoßkraft (in kg)} = \frac{\text{Kurzschlußvoltampere}}{\text{Periodenzahl} \times \text{reduziertem Luftspalt in cm}},$$

wobei sich die Kurzschlußvoltampere aus der früheren Formel ergeben, wenn $e_s = 100\%$ gesetzt wird und der reduzierte Luftspalt $\delta' = \delta + \frac{2}{3}a$. — Ein durchgeführtes, interessantes Beispiel zeigt, daß diese Stoßkraft bei Kurzschluß eines Drehstromtransformators von 10000 kVA auf den gewaltigen Betrag von 570 t anwachsen kann, wobei die Kupferwicklung die unerhörte Beanspruchung von 660 kg/cm² erfährt. Für Einphasenstrom würde die Kraft das Anderthalbfache betragen.

Das Anwendungsgebiet der Scheibenwicklungen wird auf Trockentransformatoren für Leistungen bis zu 500 kW begrenzt, wobei für diese Eingrenzung auch bemerkenswerte Gründe angeführt werden. Auch für diese Art Wicklungen werden die entsprechenden Formeln abgeleitet, und schließlich wird die Verwendbarkeit der verschiedenen Spulen und Wickelanordnungen an Hand einer übersichtlichen Tabelle dargelegt.

Im Zusammenhang hiermit steht die Beschreibung einer Drosselspule ohne Eisen, welche von der Westinghouse Co.[23]) zu dem Zweck gebaut wurde, um den Kurzschlußstrom eines Generators von 16700 kW zu begrenzen. Eine solche Spule wurde in jede Phase des Generators eingeschaltet und diese dann wiederholt kurzgeschlossen.

Die Bauart dieser eisenlosen Drosselspule, ihre Isolation usw. wird beschrieben. Die Notwendigkeit des Einbaus einer solchen Spule bietet insofern für den Dynamobau beträchtliches Interesse, als sie erkennen läßt, daß bereits der innere induktive Widerstand solcher Generatoren zum Schutz einer solchen Maschine für so klein angesehen werden muß, daß eine Vergrößerung noch keine üblen Erscheinungen in bezug auf Konstanthaltung der Spannung befürchten läßt.

Auf die Gefahren des Auftretens der dritten Oberschwingung, welche durch die Eisensättigung der Transformatoren hervorgerufen wird, weist R. Swyngedauw[24]) hin und schlägt vor, daß, wenn am Anfang und Ende einer Freileitung von größerer Länge je ein Transformator stünde, dieser sowohl primär als sekundär in Dreieck geschaltet werden sollte. Blondel[25]) widmet dieser Arbeit eine längere Besprechung, wobei er zu denselben Ergebnissen gelangt wie Swyngedauw. Er selbst befürwortet die amerikanische Praxis, wonach die Niederspannungen der beiden Transformatoren in Dreieck, die Hochspannungen in Stern geschaltet werden. Er befürwortet ferner die Verwendung eines nicht geerdeten Nulleiters in der Hochspannung und weist nach, daß die Erdung notwendig Schwierigkeiten im Gefolge haben muß, die durch die Erfahrung bestätigt werden.

Über ähnliche Erfahrungen wird von Hagood[26]) berichtet. An dem Beispiel eines Autotransformators von 16000 auf 22000 V wird gezeigt, wie Erdungsschwierigkeiten von der Unterspannung auf die Oberspannung sich fortsetzten und Oberschwingungen erzeugten, die zu schweren Telephonstörungen Anlaß gaben. Durch Verwendung eines normalen Transformators werden diese Störungen beseitigt.

In einer Arbeit von Shepard[27]) wird eine experimentelle Untersuchung eines kleinen Transformators beschrieben, für welchen in bekannter Weise die Verluste durch Wirbelströme und Hysterese getrennt bestimmt werden sollen. Es ist dies ein Schulversuch, welcher jedoch insofern einiges Interesse bietet, weil auch hier wieder einmal gezeigt wird, daß die Hystereseverluste nicht mit der 1,6ten Potenz der Induktion wachsen, sondern wahrscheinlich, wie Richter mit Recht seit langem hervorgehoben hat, mit dem Quadrat.

Agnew und Silsbee[28]) bringen eine Untersuchung darüber, in welcher Weise die Spannungsregelung, Phasenverschiebung usw. durch Belastung, Leistungsfaktor, Magnetisierungsstrom und Streuung beeinflußt werden. Die mitgeteilten Versuche beweisen die Richtigkeit der aufgestellten Formel.

Palme[29]) veröffentlicht eine aus der Praxis der Gen. El. Co. stammende graphische Methode zur Bestimmung des Wirkungsgrades von Transformatoren bei verschiedener Belastung, wenn Kupfer- und Eisenverluste bekannt sind.

Daß die Frage der Ölbeschaffenheit für Transformatoren in der Praxis einerseits sehr ernst genommen wird, anderseits aber bereits zu einer weitgehenden Klärung gelangt ist, beweisen verschiedene ausführliche Arbeiten, welche zu bemerkenswert gleichartigen Ergebnissen gelangen. Hierher gehört die Arbeit von Garrard[30]), welcher die zu fordernden Eigenschaften aufzählt und gleichzeitig Prüfmethoden angibt, um den Gehalt an Wasser, Säuren, Schwefel und Alkalien festzustellen. Ferner wird die Prüfung des Flammpunktes, der Durchschlagsfestigkeit, der Zähigkeit, der Schlammbildung und des elektrischen Widerstandes besprochen und Abnahmebedingungen aufgestellt. W. Brauen[31]) kommt zu fast völlig übereinstimmenden Ergebnissen und behandelt ausführlich fast genau dieselben Fragen. Statt der ausschließlichen Bevorzugung der Mineralöle empfiehlt er jedoch die Verwendung von Harzölen, deren günstigere Eigenschaften ausführlich begründet werden. An einer anderen Stelle[32]) wird ein raffiniertes russisches Öl der Stern, Sonneborn Oil Co., Ltd., wegen seiner besonderen Eigenschaften, wie Freiheit von Säuren, Schwefel und Schlammbildung sowie hohen Flammpunktes usw. hervorgehoben. In diesem Zusammenhange ist die Beschreibung und Abbildung einer marktgängigen Versuchsapparatur zur Prüfung von Transformatorenölen[33]) auf Feuchtigkeit, Schlammbildung, Durchschlagsfestigkeit usw. von Interesse.

Vermeidet man Öl, so ist natürlich die Frage der künstlichen Luftkühlung sofort gegeben. In diesem Zusammenhange berichtet Teago[34]) über die Verwendung angefeuchteter Luft zum Anblasen der Transformatoren, wie solche zuerst von Rohrbach vorgeschlagen wurde. Wegen der latenten Wärme des in dem Luftstrom vorhandenen zerstäubten Wassers — Nebel — ist natürlich dieses Kühlmittel der gewöhnlichen trockenen Luft, selbst wenn diese künstlich gekühlt sein sollte, unvergleichlich überlegen, was auch durch die vom Verfasser angestellten Versuche durchaus bestätigt wird. Der Einwand hiergegen ist natürlich die durch die Zerstäubung zu befürchtende Beschädigung der Isolation. Diese ist jedoch bei richtig gewählter Form der Zerstäubung angeblich nicht zu befürchten.

Von besonderen Hochleistungen auf dem Gebiete des Transformatorenbaues findet man einen von Brown, Boveri & Co.[35]) auf der Ausstellung in Bern vorgeführten Prüftransformator von 100 kW für 500000 V, von welchem Photographien veröffentlicht werden.

Einen bemerkenswerten Beitrag zur Kühlung von Öltransformatoren bringt de Pistaye[36]). Er hebt hervor, daß der natürlich gekühlte Öltransformator gegenüber dem wassergekühlten erhebliche Vorzüge habe und daher in der Praxis weitere Verbreitung findet. Um so notwendiger erscheint daher die Bekanntgabe einer zuverlässigen Berechnung über die abkühlenden Eigenschaften des Rippenkörpers der Ölkästen. Er macht zunächst darauf aufmerksam, daß es ein Irrtum sei, wenn man die Temperaturzunahme t proportional der erzeugten Wärmemenge setzen wollte. Hierfür gibt er vielmehr die Formel ohne freilich hierfür eine eigentliche Begründung zu geben. Er geht ferner davon aus, daß für eine glatte Außenwand 350 bis 370 W/cm^2 erforderlich sind, um eine Temperaturerhöhung des Öles von 50^0 zu erhalten. Nun wird durch die Wellenform der Kastenoberfläche die wirksame Oberfläche nicht etwa im Verhältnis einer glatten Wand zur Oberfläche des Wellenkörpers erhöht, sondern um weniger, da zum Teil die ausstrahlende Wärme wieder auf Teile der eigenen Fläche auftrifft. Um diese Frage der Rechnung zugänglich zu machen, wird die Wellenform durch eine gebrochene trapezförmige Linie ersetzt und angenommen, daß deren in der Richtung des Umfangs liegende Stücke genau dem Gesetz der glatten Wand folgen, hingegen die zum Umfang senkrechten Stücke an ihrer vollen Wirkung gehindert werden und dies um so mehr, je kleiner der Abstand δ dieser Stücke ist. Um dies zu berücksichtigen, gibt er einen Reduktionsfaktor R für diese beiden Oberflächen an, welcher aus folgender Tabelle zu entnehmen ist:

δ cm	R
2	0,35
4	0,40
8	0,50
12	0,58
16	0,62
20	0,69
24	0,73

Durch Multiplikation der senkrechten Flächen mit R erhält man die wirksame Oberfläche. Es wird angegeben, daß die so berechnete Temperaturerhöhung an naturgekühlten Öltransformatoren zwischen 50 und 2000 kW sich bestätigt hat.

Frequenztransformator. Die Aufgabe der Erhöhung der Schwingungszahl mittels ruhender Transformatoren, welche von ganz wesentlicher Bedeutung für die Überwindung einer Reihe von technischen Schwierigkeiten ist, wird auch im Berichtsjahre weiter behandelt. Taylor[37]) erreicht eine Verdreifachung der Wechselzahl dadurch, daß er vor jede der drei Phasen des eigentlichen Transformators eine hochgesättigte Drosselspule schaltet. Das Zustandekommen dieser Verdreifachung wird an Hand von Kurven nachgewiesen und durch den

Versuch bestätigt. Es wird ferner gezeigt, daß bei Verwendung von 9 Phasen durch dasselbe Hilfsmittel eine Verneunfachung der Wechselzahl usw. erreicht werden kann.

Natürlich kommen hierdurch ganz außerordentliche Magnetisierungsströme zustande, welche für die Praxis unerträglich sein würden. Ob der Optimismus des Verfassers gerechtfertigt ist, wonach dieser Übelstand durch Verwendung übererregter Synchronmaschinen beseitigt werden kann, erscheint zweifelhaft, da es ja gerade diese rotierenden Maschinen sind, welche durch den Transformator vermieden werden sollen.

Eine interessante Neuerung stellt der von Thomson[38]) beschriebene „Schwingungstransformator" dar, welcher in Form eines Transformators mit offenem Eisenkern (Induktionsspule) in bekannter Weise durch Resonanzabstimmung zur Erzeugung von Hochfrequenz benutzt wird. In diesem Falle wird damit der Zweck verfolgt, in einfacher Weise sehr hohe Spannungen zur Prüfung von Isolatoren herzustellen. Der offene Eisenkern wird dadurch gerechtfertigt, daß der hohe Magnetisierungsstrom die Wirkungen der Kapazität ausgleicht, vor allem aber infolge seiner hohen Streuung die Wirkungen des Kurzschlusses während der Funkenentladung mildert.

Eine analytische Behandlung der Aufgabe der Frequenzerhöhung durch ruhende Transformatoren versucht Dreyfus[39]), indem er von einem interessanten analytischen Ausdruck der Magnetisierungskurve ausgeht, mit dessen Hilfe unter Voraussetzung primär sinusförmiger EMK tatsächlich die Verhältnisse darstellbar erscheinen. Durch Beschränkung der Aufgabe auf den Leerlauf wird allerdings eine wesentliche Vereinfachung gegenüber den praktisch vorkommenden Verhältnissen erzielt. Immerhin ist der Versuch einer mathematischen Beherrschung derartig verwickelter Verhältnisse sehr begrüßenswert.

[1]) Ring, ETZ 1914, S 1037. — [2]) Crecelius, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 766. — [3]) Linke, Arch. El. Bd 2, S 395. — [4]) Bonnet, Gen. El. Rev. 1914, S 234. — [5]) Burnham, Gen. El. Rev. 1914, S 115. — [6]) Unland, Gen. El. Rev. 1914, S 576. — [7]) Amsler, ETZ 1914, S 441. — [8]) Schäfer, ETZ 1914, S 282. — [9]) F. W. Meyer, ETZ 1914, S 6. — [10]) Leblanc, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 758. — [11]) El. World Bd 63, S 51. — [12]) Green, Gen. El. Rev. 1914, S 258. — [13]) Jaeger, Arch. El. Bd 2, S 418. — [14]) Greinacher, El. Masch.-Bau 1914, S 485. — [15]) Schüler, ETZ 1914, S 563. — [16]) ETZ 1914, S 660. — [17]) Underhill, El. World Bd 63, S 261, 981. — [18]) Jasse, El. Masch.-Bau 1914, S 241, 268. — [19]) Metzler, El. Masch.-Bau 1914, S 157. — [20]) Schwartz, El. Masch.-Bau 1914, S 177, 744. — [21]) Summec, Niethammer, Pichelmayer, El. Masch.-Bau 1914, S 203, 226, 413. — [22]) Vidmar, El. Masch.-Bau 1914, S 705. — [23]) Westinghouse Co., El. World Bd 63, S 446. — [24]) Swyngedauw, Compt. rend. Bd 158, S 484; El. World Bd 63, S 723. — [25]) Blondel, Lum. él. R 2, Bd 25, S 331, 332. — [26]) Hagood, Gen. El. Rev. 1914, S 469. — [27]) Shepard, El. World Bd 63, S 1154. — [28]) Agnew u. Silsbee, El. World Bd 63, S 274. — [29]) Palme, El. Masch.-Bau 1914, S 141. — [30]) Garrard, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 797. — [31]) Brauen, ETZ 1914, S 145. — [32]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 902. — [33]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 306. — [34]) Teago, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 355. — [35]) Brown, Boveri & Co., Electr. (Ldn.) Bd 73, S 403. — [36]) de Pistaye, Lum. él. R 2, Bd 26, S 65. — [37]) Taylor, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 170. — [38]) Thomson, Gen. El. Rev. 1914, S 154. — [39]) Dreyfus, Arch. El. Bd 2, S 343.

Messungen an elektrischen Maschinen.

Von Oberingenieur Dr. W. Linke.

Das in den beiden Vorjahren vorherrschende Bestreben, die bestehenden Prüf- und Meßmethoden zu vereinfachen und zu verbessern, läßt sich auch in den Abhandlungen, welche im Jahre 1914 über Messungen an elektrischen Maschinen erschienen sind, feststellen; auch die deutlich erkennbare Neigung, zur Bestimmung der Leistung von Kraftmaschinen elektrische Bremsdynamos zu verwenden, hat sich noch gesteigert.

Leistung. Welche Bedeutung die Verwendung von Bremsdynamos für die Wirtschaftlichkeit eines Prüfbetriebes haben kann, zeigen die Mitteilungen von Wille[1]) über die Erfahrungen, die durch elektrische Abbremsung im Prüfstande der Maschinenfabrik R. Wolf, A.-G., Magdeburg-Buckau, gemacht wurden. Danach liefern die dort verwendeten Bremsdynamos 65% der von der Fabrik für Licht und Kraft benötigten Energie und die Gesamtersparnis bei elektrischer Abbremsung einer Lokomobile zu 440 kW beträgt für den Tag 200 M gegenüber den Kosten bei mechanischer Abbremsung. — Handelt es sich um rasche Ermittlungen, möglichst direkte Ablesungen des abgebremsten Momentes, so ist es zweckmäßiger, Bremsdynamos mit pendelndem Gehäuse zu verwenden, welche zudem noch den Vorteil besitzen, von dem momentanen Zustande der Maschine vollkommen unabhängig zu sein; darauf weisen Langer und Finzi[2]) in einer zusammenfassenden Übersicht über die älteren und neueren Typen dieser Art Bremsdynamos hin. Sie machen darauf aufmerksam, daß bei Pendelmaschinen, welche die direkte Ablesung des von der Kraftmaschine abgegebenen effektiven Momentes gestatten sollen, die Wellenzapfenlager und die Bürstenbrille mit dem Pendelgehäuse starr verbunden sein und mit diesem pendeln müssen; denn nur so wirken die Reibungsmomente gleichfalls auf das Gehäuse ein und gehen in das Meßresultat über. Da die Pendelreibung auch für die feinste technische Messung zu vernachlässigen ist, bleibt nur ein Korrektionsglied entsprechend dem Moment jenes Teiles der Ventilationsverluste in das Resultat einzuführen, welcher sich nicht auf das Pendelgehäuse überträgt. Dieses Korrektionsglied kann bei Leerlauf der Pendelmaschine als Motor leicht ermittelt werden.

Neben dieser gesteigerten Verwendung der elektrischen Bremsung, versucht man noch immer die mechanische Abbremsung durch Bremszäume zu verbessern. Der elektrisch kompensierte Bremszaum von Nathan C. Johnson[3]) ist so gebaut, daß die bei Reibungsänderung zwischen Bremsbacken und Bremsscheibe auftretende Tourenänderung einen Magnet durch eine Tourendynamo so beeinflußt, daß die Reibung der Bremsbacken auf ihren ursprünglichen Wert gebracht wird.

Eine neue optische Ablesevorrichtung zur Bestimmung der Verdrehung umlaufender Wellen, welche für die Leistungsbestimmung verwendet werden kann, gibt Vieweg[4]) an. Die Anordnung ist aus Abb. 9 ersichtlich. An den Enden des Wellenstückes sind Prismen P_1 und P_2 aufgesetzt. Die Skala befindet sich in der Brennebene der Linse L. Das Fernrohr ist auf unendlich eingestellt. Während der Drehung erscheint das Bild im Fernrohr stillstehend. Bei Verdrehung der Welle um den Winkel δ verschiebt sich das Skalenbild im Fernrohr um s Skalenteile, und es besteht dann die Beziehung

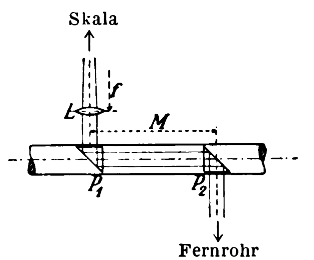


Abb. 9. Messung der Wellendrillung.

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{s}{f},$$

worin f die Brennweite der Linse in Skalenteilen ist.

Die Bestimmung des Verbrauches von elektrischen Maschinen ist im allgemeinen einfach auszuführen. Nur bei Hochspannungsmaschinen ergeben sich einige Schwierigkeiten, die jedoch durch entsprechende Schaltung der Instrumente und eine gewisse Vorsicht beseitigt werden können. Voller[5]) gibt eine zusammenfassende Übersicht über die Methoden der Leistungsmessung bei Wechselstrom, welche beachtenswerte Winke enthält. Es werden die Wattmeterschaltungen für alle vorkommenden Fälle angegeben. Mit Wattmetern läßt sich auch die wattlose Leistung elektrischer Maschinen messen, wenn man an die Spannungsspule eine um 90° phasenverschobene Spannung legt. Taylor[6]) gibt hierzu für Einphasenstrom und Drehstrom die zweckmäßigen

Umschaltungen an. Es mag jedoch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die wattlose Leistung höherer Harmonischer, die in Strom und Spannung nicht in gleicher Größe vorhanden sind, entweder falsch oder gar nicht gemessen werden.

Die die Wechselstromleistung bestimmenden Werte: Spannung, Strom und Leistungsfaktor bei Asynchronmotoren, sind natürlich voneinander abhängig. Das Abhängigkeitsverhältnis ist nicht, wie bei Gleichstrom, linear, sondern durch die magnetischen Verhältnisse der Maschine bestimmt. Moser[7]) erinnert an die von ihm im Jahre 1906 angegebene Methode der „korrespondierenden Belastungspunkte", welche gestattet, die elektrischen Daten eines Wechselstrominduktionsmotors bei geänderter Spannung oder Periodenzahl an Hand von Belastungskurven für eine bestimmte Spannung und Periodenzahl möglichst genau zu bestimmen. Er gibt einige ergänzende Berechnungsbeispiele an, welche die Verwendung der Methode für den Betriebsingenieur oder Besteller geeignet macht. Die Methode selbst beruht auf der aus der Ähnlichkeit der Kreisdiagramme bei verschiedenen Spannungen hervorgehenden Erkenntnis, daß zwei unter der gleichen Phasenverschiebung herausgegriffene Belastungspunkte (korrespondierende Punkte) übereinstimmende elektrische Eigenschaften aufweisen. Daraus ergeben sich bei Bekanntsein der Leerlaufströme bei beiden Betriebsverhältnissen einfache Beziehungen. Diese Methode ist ganz besonders in Prüffeldern gut verwendbar, da sie in manchen Fällen zeitraubende und damit kostspieligere Messungen erspart.

Die Kostenfrage ist es auch, welche im Prüffeldbetrieb zur Anwendung von künstlichen Belastungsmethoden drängt. Besonders bei Transformatoren finden diese Methoden ausgedehnte Verwendung. Clayton[8]) gibt eine neue derartige Methode für gleiche Transformatoren an. Die Schaltung geht aus Abb. 10 hervor. Die Primärwicklungen sind gegeneinander geschaltet und liegen über einen Vorschaltwiderstand an der sekundären Spannung. Der Vorteil dieser Methode ist darin zu suchen, daß nur eine Stromquelle benötigt wird, während bei der sonst gebräuchlichen Methode noch eine weitere Stromquelle und ein Hilfstransformator erforderlich sind. Die praktische Verwendbarkeit der Methode ist vom Übersetzungsverhältnis der Transformatoren abhängig und dadurch (es werden provisorische Gruppenschaltungen nötig) beschränkt.

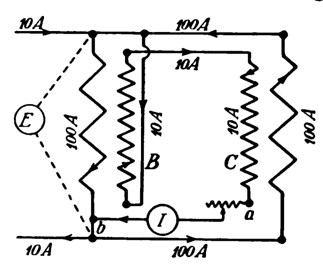


Abb. 10. Bestimmung des Wirkungsgrades eines Transformators.

Temperatur. Die Temperaturen, welche nach den Dauerbelastungen an elektrischen Maschinen festzustellen sind, lassen sich bekanntlich auf verschiedene Weise messen. Eine zusammenfassende Darstellung der Hilfsmittel, ihrer Vor- und Nachteile, gibt Oetting[9]). Hier werden auch interessante Erwärmungskurven gezeigt, welche mittels 32 in eine Maschine eingebauter Thermoelemente aufgenommen wurden. Obwohl die Daten nur relativen Wert haben, da Größe, Gattung, Kühlung und Tourenzahl der Maschine nicht angegeben sind, sei doch erwähnt, daß zwischen den isolierten Leitern der Wicklungselemente eine um 20% höhere Temperatur als zwischen Wicklungselement und Eisen gemessen wurde.

Die **Polarität** von Magnetpolen wird in üblicher Weise mittels Magnetnadeln festgestellt. Rosenberg[10]) verwendet eine an einer Handhabe befestigte Spule mit Eisenkern, die in Reihe mit einem Millivoltmeter geschaltet ist. Wird die Spule an den zu untersuchenden Magnetpol bis zur Berührung mit der Wicklung herangebracht und dann schnell abgezogen, so schlägt das Millivoltmeter je nach der Polarität des Magnetpoles in positiver oder negativer Richtung aus. Der Apparat ist so empfindlich, daß auch die Remanenz bei Stillstand der Maschine untersucht werden kann. Dadurch ist es beispielsweise möglich, bei Wendepolmaschinen, deren letzte Drehrichtung bekannt

war, festzustellen, ob sie als Motor oder Generator gearbeitet haben, was unter Umständen bei Untersuchung von Unfällen infolge falscher oder unterlassener Bremsmanipulation von Wert sein kann.

[1]) Wille, El. Kraftbetr. 1914, S 221. — [2]) Langer u. Finzi, Z. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 41. — [3]) N. C. Johnson, El. World Bd 63, S 216. — [4]) Vieweg, Zschr. Instrk. 1914, S 157. — [5]) Voller, Helios Exportz. 1914, S 1177, 1553, 1616, 1677. — [6]) Taylor, El. Jl. 1914, S 97. — [7]) Moser, ETZ 1914, S 973. — [8]) Clayton, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 558. — [9]) Ötting, El. Jl. 1914, S 85. — [10]) Rosenberg, ETZ 1914, S 845.

Betrieb elektrischer Maschinen.

Von Generalsekretär L. Schüler.

Regelung.

Regelung der Spannung und des Stroms. Ein neuer Schnellregler nach Fuß[1]) ist im Helios beschrieben und abgebildet. Der Apparat ähnelt in seiner Wirkungsweise dem bekannten Tirrill-Regler, unterscheidet sich aber von ihm durch wesentliche Einzelheiten.

Ein anderer Schnellregler ähnlicher Art wird von der Thompson Mc Arthur Co.[2]), Buffalo, hergestellt.

Bei Schwungradumformern, die naturgemäß mit stark veränderlicher Drehzahl arbeiten, macht sich der Übelstand bemerkbar, daß die Spannung einer mit dem Umformer gekuppelten Erregermaschine der Drehzahl entsprechend stark schwankt. Dies wird nach einem Patent der AEG[3]) dadurch verhindert, daß die Erregermaschine ihrerseits durch einen kleinen Einankerumformer erregt wird, der drehstromseitig an die Schleifringe des Hauptmotors angeschlossen ist. Bei sinkender Drehzahl steigt die Schleifringspannung des Hauptdrehstrommotors, dementsprechend steigt die Gleichstromspannung des Hilfsumformers und die Erregermaschine wird stärker erregt, so daß ihre Spannung trotz sinkender Drehzahl gleichbleibt.

Regelung der Geschwindigkeit. Ein neues System zum Anlassen und zur Regelung von Bahnmotoren, besonders auf städtischen Schnellbahnen, beschreibt Charles Jacquin[4]). Es handelt sich um ein System der Jeumont-Co., das im wesentlichen eine modifizierte Leonard-Schaltung darstellt; auf dem Wagen befindet sich ein aus drei gekuppelten Maschinen bestehender Umformer, dessen Spannung sich zur Betriebsspannung addiert oder von ihr subtrahiert, wodurch die Bahnmotoren geregelt werden. Anlaßwiderstände kommen also in Fortfall; durch besondere Schaltung wird die Rückgewinnung von Arbeit beim Bremsen ermöglicht. Der Stromverlauf beim Versuchsbetrieb auf der Pariser Metropolitain-Bahn ist durch Diagramme dargestellt; es ergibt sich hierbei eine Arbeitsersparnis von etwa 20%; von der zum Anlassen aufgewandten Arbeit konnten beim Bremsen 30% zurückgewonnen werden. Als Nebenvorteil wird die geringere Abnutzung der Bremsschuhe, geringere Erwärmung der Tunnelluft und weniger Staubentwicklung erwähnt.

Ein neues System zum Anlassen und zur Regelung von Gleichstromkran- (besonders Spill-) Motoren gibt Aug. Raßmußer an[5]). Die mit Hauptstromwicklung versehenen Motoren einer Anlage werden hierbei sämtlich oder gruppenweise in Reihe geschaltet und von einer Dynamo für konstanten Strom (z. B. nach Krämer) gespeist. Die Anker der Motoren werden stets, auch bei Stillstand, vom normalen Strom durchflossen, das Anlassen bzw. die Regelung der Umdrehungszahl erfolgt dadurch, daß mehr oder weniger Windungen der Magnetwicklung in den Stromkreis eingeschaltet werden. Um den hierzu nötigen Windungsschalter zu vermeiden, kann auch ein regelbarer Widerstand zur Magnetwicklung parallel geschaltet werden. Der Vorteil der Anordnung besteht im wesentlichen darin, daß hohe Drehmomente bei Stillstand des Motors ohne nennenswerten Arbeitsverbrauch ausgeübt werden können; der Motor kann

also auch unbedenklich längere Zeit unter Last stehenbleiben. Das Verhalten der Motoren und die Handhabung der mit ihnen ausgerüsteten Spille ist sehr ähnlich derjenigen von Dampfspillen.

Die Regelung der Geschwindigkeit von Kranmotoren beim Lastsenken behandelt eine Arbeit von Ernst Schwarz[6]). Es werden die verschiedenen Möglichkeiten der Senkbremsung erörtert und sodann auf die Methode der Bremsung durch den als Generator arbeitenden Antriebsmotor näher eingegangen. Der Aufsatz beschäftigt sich besonders mit der Berechnung der für die verschiedenen Senkgeschwindigkeiten erforderlichen Widerstände.

Um zu erreichen, daß zwei (oder mehr) gleiche Hauptstrommotoren trotz ungleicher Belastung mit annähernd gleicher Drehzahl arbeiten, wird vorgeschlagen[7]), eine Ausgleichleitung anzubringen, die die an den Anker angeschlossenen Enden der Feldwicklungen der verschiedenen Motoren miteinander verbindet. Die Anordnung ist besonders für Lokomotivmotoren von Bedeutung.

Ausführlicher wird der Gleichlauf von Elektromotoren in einem anderen Aufsatz im Helios[8]) behandelt. Es werden verschiedene Methoden besprochen, die dazu dienen, die Geschwindigkeit von Motoren, die gemeinsam ein Fahrzeug, Kran, Verladebrücke usw. antreiben, dauernd gleichzuhalten und die Belastung richtig zu verteilen.

Zur Regelung der Geschwindigkeit von Drehstrominduktionsmotoren dient ein von A. Hoeffleur[9]) beschriebenes Verfahren der Maschinenfabrik Oerlikon. Dasselbe besteht darin, daß auch der Stator des Motors drehbar angeordnet ist und von einem besonderen Hilfsmotor angetrieben werden kann (vgl. S. 37 und Abb. 7). Durch Vorwärtsdrehung, Stillstand und Rückwärtsdrehung des Mittelkörpers ergeben sich für den Hauptmotor 3 Geschwindigkeiten, deren Zahl dadurch wesentlich vergrößert werden kann, daß Haupt- und Hilfsmotor Polumschaltung erhalten. Beispielsweise wurde ein Motor gebaut, dessen Drehzahl von 1000 bis 3500 Umdrehungen in 18 Stufen regelbar ist; die Leistung beträgt 60 kW bei der niedrigsten und 220 kW bei der höchsten Drehzahl.

Induktionsmotoren mit Kaskadenschaltung zum Antrieb von Walzwerken behandelt William Oschmann[10]); er beschreibt die Betriebsverhältnisse eines bestimmten Walzwerks, zu dessen Antrieb ein Motorsatz, bestehend aus einem Hauptmotor und einem Hilfsmotor, verwendet wird. Beide Motoren sind polumschaltbar, der Hauptmotor 14- und 16polig, der Hilfsmotor 4- und 8polig, es ergeben sich hierdurch und durch die Kaskadenschaltung die Drehzahlen 300 — 327 — 360 — 400 — 450 — 514. Die Arbeit gibt ausführliche Betriebsergebnisse beim Walzen der verschiedenen Profile.

Beim Antrieb von Grubenventilatoren muß bekanntlich die Möglichkeit bestehen, die Wettermenge zu regeln. Bei der Anwendung von Drehstrom-Induktionsmotoren kann diese Regelung erfolgen 1. mit gleichbleibender Drehzahl durch Drosselung des Luftkanals, 2. durch Drehzahlregelung mittels Schlupfwiderstandes, 3. durch Drehzahlregelung mittels Regelsatzes im Rotorkreis, 4. durch Anwendung getrennter, abkuppelbarer Motoren für jede Drehzahl Ein Aufsatz von Alfred Winkler[11]) vergleicht diese Methoden und kommt zu dem Ergebnis, daß die Regelung mittels Schlupfwiderstandes in diesem besonderen Falle nicht so unökonomisch ist, als man erwarten könnte, weil das Drehmoment des Ventilators mit abnehmender Drehzahl stark fällt. Auch die Methode 4 wird eingehend behandelt und ihre Anwendung für gewisse Fälle empfohlen.

Bei Wechselstrom-Kommutatormotoren wird die Geschwindigkeit häufig durch Veränderung der zugeführten Spannung geregelt. Hierzu dient in der Regel ein Stufentransformator; in Verbindung damit kann zweckmäßig noch ein Drehtransformator zur Anwendung kommen, um stetig regulieren zu können. Bei einer neuen, diesem Zweck dienenden Schaltungsweise der Siemens-Schuckertwerke[12]) besteht die Sekundärwicklung des Drehtransformators aus zwei gleichen Teilen, die abwechselnd eingeschaltet werden. Dadurch, daß der Übergang von einem Wicklungsteil zum anderen in demselben Augenblick

erfolgt, in dem von einer Stufe des Haupttransformators auf die folgende umgeschaltet wird, werden Kurzschlüsse von Wicklungsteilen und Stromunterbrechung vermieden.

Mit der Gegenstrom- und Nutzbremsung von Drehstrom-Serien-Kommutatormotoren beschäftigt sich eine Arbeit von Oskar Sonka[13]. Es werden ausführlich die Ergebnisse geschildert und diskutiert, die sich bei Versuchen mit einem Motor der SSW für 4 kW ergeben haben. Der Aufsatz enthält zahlreiche Oszillogramme.

Regelung des Leistungsfaktors, Phasenschieber (s. Seite 41). Sehr ausführlich wird das Problem der Phasenkompensierung in einer Arbeit von Rüdenberg[14] behandelt. Nach eingehender theoretischer Erörterung werden zwei Systeme von Phasenschiebern der Siemens-Schuckertwerke beschrieben; es handelt sich hierbei im wesentlichen um Kommutatormaschinen oder Frequenzwandler, die in den Rotorstromkreis des zu kompensierenden Induktionsmotors eingeschaltet werden und die Schlupffrequenz auf die Netzfrequenz umformen. Der Antrieb des Phasenschiebers erfolgt entweder durch einen Hilfsmotor oder durch Zahnräder vom Hauptmotor.

Eine sehr ausführliche Arbeit über den Phasenkompensator von Brown, Boveri & Co. (nach Scherbius) rührt von J. Reynal[15] her. Es werden die Ursachen eines schlechten Leistungsfaktors, die Vorteile seiner Verbesserung für den Stromverbraucher und die Anwendung des erwähnten Apparats zu diesem Zweck besprochen. Zahlreiche ausgeführte Anlagen und Versuchsergebnisse werden beschrieben und bildlich dargestellt.

Versuchsergebnisse mit einem Kappschen Vibrator finden sich im Electrician[16]; der Leistungsfaktor eines Motors für 240 kW, der sonst 0,76 bei ½ Last und 0,87 bei Vollast betrug, wurde durch den Kappschen Apparat nicht nur auf 1,0 gebracht, sondern es wurde sogar ein voreilender Leistungsfaktor von 0,99 bzw. 0,96 erzielt. Die Anker des Vibrators hatten einen Durchmesser von 10 cm und rotierten immer 3½ Umdrehungen in jeder Richtung, wobei sie alle ½ Minute ihren Drehsinn wechselten. Der Verbrauch für Erregung betrug 50 W.

Eine Arbeit von Charles C. Garrard[17] beschäftigt sich mit den für Phasenschieber aller Art erforderlichen Schaltanlagen. Es wird sowohl der oszillierende Phasenschieber von Kapp als auch die rotierenden von Scherbius und anderen behandelt, die alle das Gemeinsame haben, daß sie in den Rotorstromkreis von Induktionsmotoren geschaltet werden. Es wird gezeigt, welche Schaltvorrichtungen zur bequemen und sicheren Bedienung dieser Apparate zweckmäßig sind.

Ein Aufsatz von G. H. Eardley-Wilmott[18] behandelt die Anwendung von Synchronmotoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors. Er bringt verschiedene Diagramme, die den Einfluß übererregter Synchronmotoren auf den Leistungsfaktor von Anlagen darstellen, und beschreibt die Anwendung des selbsttätigen Spannungsreglers von Brown-Boveri zu dem Zweck, die Erregung eines Synchronmotors selbsttätig so zu regeln, daß der Leistungsfaktor der betreffenden Anlage dauernd auf 1 gehalten wird.

Ein Vergleich zwischen den Vor- und Nachteilen, Anschaffungs- und Betriebskosten usw. von übererregten Synchronmotoren und Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors wird in einer Arbeit von G. H. Eardley-Wilmott[19] gegeben. Der Autor macht ausführliche Angaben über ausgeführte Anlagen und stellt ihre Wirkungsweise durch Stromdiagramme dar. Er kommt zu dem Ergebnis, daß zur Verbesserung des Leistungsfaktors einer Anlage für 1000 kW von 0,7 auf 1,0 ein Kondensator erforderlich ist, der rd. 40000 M kostet; ein Synchronmotor, der nur zum Phasenschieben dient, würde eher mehr kosten, während der Umbau von etwa zwei vorhandenen großen Motoren der Anlage zu Phasenschiebern nur 10000 bis 12000 M kosten würde.

Parallelbetrieb. Punga berichtet[20] in Fortsetzung seiner früheren Arbeit (ETZ 1911, S 385) über weitere Versuche an parallel laufenden Drehstrom-

maschinen. Er zeigt an weiteren Beispielen die Berechnung des kritischen Schwungmomentes und die Übereinstimmung des Berechnungsergebnisses mit dem Versuch. Ferner wird eine Formel angegeben zur Berechnung der Parallelbetriebsbedingungen ungleicher Stromerzeuger.

Den Parallelbetrieb von Transformatoren behandelt ein Aufsatz von Waldo V. Lyon[21]). Es wird die Stromverteilung auf mehrere parallel geschaltete Transformatoren von verschiedenem Widerstand und induktivem Spannungsabfall mathematisch und graphisch untersucht. Die Untersuchungen werden dann auf den Fall ausgedehnt, daß vor einige Transformatoren Drosselspulen geschaltet werden, um die Stromverteilung zu verbessern.

Ein ähnliches Problem behandelt eine Arbeit von Richard C. Powell[22]); hier wird besonders der Parallelbetrieb mehrerer Transformatoren in Verteilungsnetzen bearbeitet, die durch längere Kabelstrecken voneinander getrennt sind.

Ein- und Ausschalten (Verfahren).

Die beim Einschalten von Wechselstrommotoren und Transformatoren auftretenden Überströme und Überspannungen behandelt eine Arbeit von W. Linke[23]). Es wird das Entstehen der doppelten Amplitude des magnetischen Feldes beim Einschalten im Spannungsnullpunkt erklärt, und die Größe des hierbei möglichen Stromstoßes, seine Wirkungen und seine Verhütung (durch Schutzschalter) erörtert. Die Überlegungen sind sowohl für Einphasenstrom als auch für Drehstrom durchgeführt. Ferner wird der plötzliche Kurzschluß von Wechselstromerzeugern und die Wirkung der als Schutzmittel verwendeten Drosselspulen behandelt. Der Aufsatz enthält zahlreiche Oszillogramme.

Bei dem von Linke über denselben Gegenstand gehaltenen Vortrag im Elektrotechnischen Verein wurde auch die Frage des Ausschaltens starker Wechselströme, besonders die relative Zweckmäßigkeit von Öl- und Luftschaltern, eingehend behandelt. Der sich hieran knüpfende Meinungsaustausch ist in der ETZ abgedruckt.

[1]) Fuß, Helios 1914, S 646. — [2]) Thompson Mc Arthur Co., El. World Bd 63, S 111. — [3]) AEG, Helios 1914, S 245. — [4]) Jaquin, El. World Bd 63, S 312. — [5]) Raßmußer, ETZ 1914, S 468. — [6]) Schwarz, ETZ 1914, S 116. — [7]) Helios 1914, S 158. — [8]) Helios 1914, S 604. — [9]) Hoeffleur, ETZ 1914, S 873. — [10]) Oschmann, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1027. — [11]) Winkler, El. Masch.-Bau 1914, S 609. — [12]) Siemens-Schuckertwerke, DRP 268596; Helios 1914, S 578. — [13]) Sonka, El. Masch.-Bau 1914, S 365. — [14]) Rüdenberg, El. Kraftbetr. 1914, S 425, 469. — [15]) Reynal, Lum. él. R 2, Bd 25, S 395. — [16]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 1089. — [17]) Garrard, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 652. — [18]) Eardley-Wilmott, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 864 — [19]) Eardley-Wilmott, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 51. — [20]) Punga, ETZ 1914, S 668. — [21]) Lyon, El. World Bd 63, S 315, 370. — [22]) Powell, El. World Bd 63, S 911. — [23]) Linke, ETZ 1914, S 668; Erörterung S 965.

Anlaßapparate, Belastungswiderstände und Widerstandsmaterial.

Von Oberingenieur Ch. Krämer.

Anlaßapparate. Harrison P. Reed[1]) erörtert die verschiedenen elektrischen Minenbetriebe und betont dabei, daß die Wahl der richtigen Steuerapparate die größte Aufmerksamkeit erfordere, da öfter infolge der Verwendung ungeeigneter Apparate die besten Motoren sich nicht bewährten. Die unter Tage aufgestellten Apparate erfordern ganz andere Gesichtspunkte für ihren Aufbau als die über Tage aufgestellten, besonders mit Rücksicht auf Schlagwettersicherheit und Verschmutzung. Er streift die einzelnen Gebiete, z. B. Ventilatorenantriebe, Pumpenbetriebe, Grubenlokomotiven, Fördermaschinen und bringt für alle diese Betriebe Abbildungen ausgeführter Apparate, unter denen die selbsttätigen Schützenanlasser besondere Beachtung verdienen.

Das gleiche Gebiet der selbsttätigen Anlasser behandelte Moeller[2]) in einem Vortrag. Von den verschiedenen Arten gibt er den Vorzug denjenigen, die eine vom Strom beeinflußte Zeitdämpfung besitzen, weil diese die Vorteile der Zeitdämpfung mit den Vorteilen der vom Strom abhängigen Anlaßdauer vereinigen, ohne die Nachteile der einzelnen zu besitzen. Die selbsttätigen Anlasser der Firma Klöckner sind nach dieser Art gebaut; eine besondere Ausführung wird noch erwähnt, bei welcher das Anlassen zwar auch selbsttätig vor sich geht, dabei aber noch bis zu einem gewissen Grade unter dem Willen des Führers steht und somit besonders für Rollgänge u. dgl. geeignet ist. Es wird ferner darauf hingewiesen, daß bei einer Schalthäufigkeit bis zu 40000 Schaltungen in der Woche, wie sie in Hüttenbetrieben häufig vorkommen, bisher viel zu wenig Aufmerksamkeit auf eine gute Schmierung der mechanisch bewegten Teile verwendet wurde; das von der Firma Klöckner angewandte Verfahren, die ganzen Apparate, mit Ausnahme der Kontakte, unter Öl zu setzen, das dabei zugleich die Schläge dämpfen soll, dürfte vielen etwas zu gründlich vorkommen.

Die Entwicklung der Kohlenscheiben-Druckanlasser zeigt ein Aufsatz im Electrician[3]). Die darin durch Berechnung und Kurven gestützte Behauptung, daß bei dieser Art Anlasser, bei welcher bekanntlich der Widerstand übereinander geschichteter Kohle-Nickelplatten stufenlos durch Drucksteigerung abnimmt, weniger Energie vernichtet würde als bei gewöhnlichen Anlassern, trifft aber in den meisten Fällen der Praxis nicht zu; es wird niemandem einfallen, einen Halblastanlasser für Vollast zu verwenden.

Eine andere sinnreiche Verwendung dieser Art des Anlassens zeigt ein in der El. World[4]) beschriebener schleifringloser Asynchronmotor, bei welchem die Kohlenplatten mit dem Anker umlaufen und durch einen Fliehkraftregler mit steigender Umdrehungszahl zusammengedrückt werden, wodurch ein gleichmäßiges Anlaufen mit hoher Anzugskraft erzielt wird.

Ebenfalls stoßfreies Anlaufen mit hoher Anzugskraft bei einem schleifringlosen Drehstrommotor bezweckt eine Einrichtung von Köhn[5]). Hierbei besitzt der Motor einen Doppelanker, der sich beim Anlauf, auf einer Spirale gleitend, in der Längsachse verschiebt; der eine Anker besitzt eine Wicklung mit hohem Widerstand, der andere eine solche mit niederem. Der erstere befindet sich beim Stillstand im Felde, während des Anlaufes schiebt er sich heraus, indem gleichzeitig der andere eintritt, so daß sich beim Lauf nur geringe Schlüpfungsverluste ergeben.

Einen durch Luftdruck gesteuerten Flüssigkeitsanlasser für eine Fördermaschine verwenden die Penn Iron Mines[6]). Die Tauchplatten des Flüssigkeitsanlassers werden durch einen Differentialzylinder bewegt. Mittels Vierweghahns wird sowohl der Hochspannungs-Ölumschalter gesteuert als auch der Anlasser. Eine Abbildung zeigt den vorteilhaften Verlauf des Fahrdiagramms gegenüber dem gewöhnlichen Betrieb.

Belastungswiderstände. Einen durch hübsche Anordnung ausgezeichneten Flüssigkeits-Belastungswiderstand für Hochspannungsanlagen beschreibt O. H. Sachers[7]). In einer Betonwanne sind 3 Tonrohre angeordnet; durch den unteren Abschluß, der zugleich Nullpunkt ist, tritt das Wasser ein und oben fließt es über. In die Rohre tauchen von oben, an Isolatoren aufgehängt, die 3 ringförmigen Elektroden, deren Eintauchtiefe verändert werden kann, um die Belastung zu regeln.

Ein metallischer Belastungswiderstand nach E. Magnusson[8]), bestehend aus Metallbändern, die auf Holzrahmen gewickelt sind und in fließendes Wasser gestellt werden, kann bis 7500 kW bei 6000 V vernichten. Jede Phase besteht aus 6 parallel zu schaltenden Reihen. Interessant sind die niederen Herstellungskosten, die mit 88 Dollar angegeben sind.

Über die Berechnung der Anlaßwiderstände für Serienmotoren bringt H. Parodi[9]) eine Abhandlung. Er zeigt, wie man unter Verwendung einer

ein für allemal entwickelten Kurvenschar, die nur von der Anzahl der Kontakte abhängt, durch graphische Konstruktion, die einzelnen Widerstandsstufen für jeden Motor, dessen Charakteristik gegeben ist, ermittelt werden können.

Über Widerstandsmaterialien wird nichts Neues in der Literatur mitgeteilt.

[1]) Reed, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 581. — [2]) Moeller, ETZ 1914, S 105. — [3]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 534. — [4]) El. World Bd 63, S 773. — [5]) Köhn, Helios Fachz. 1914, S 400. — [6]) El. World Bd 63, S 832. — [7]) Sachers, ETZ 1914, S 393. — [8]) Magnusson, El. World Bd 64, S 434. — [9]) Parodi, Lum. él. R 2, Bd 25, S 641.

III. Verteilung und Leitung.

Verteilungssysteme und deren Regelung. Berechnung der Netze und der Leitungen, elektrische und mechanische Messungen an Leitungen. Von Oberingenieur W. Guttsmann, Berlin. — Beschaffenheit und Herstellung der Leitungsdrähte und Kabel; Isolierstoffe. Von Dr. Richard Apt, Berlin. — Ausführung der Leitungen, Stromsicherungen, Installationsmaterial, Schaltanlagen und Schalter. Von Prof. Dipl.-Ing. S. Ruppel, Frankfurt a. M. — Überspannung, Störungen, Gefahren, Spannungssicherungen, Korona. Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen, Darmstadt.

Verteilungssysteme und deren Regelung, Berechnung der Netze und der Leitungen, elektrische und mechanische Messungen an Leitungen.

Von Oberingenieur W. Guttsmann.

Verteilungssysteme und deren Regelung. Zusammenfassung der Energieerzeugung und immer weitergehende Erhöhung der Fernleitungsspannungen sind die Kennzeichen der Entwicklung der letzten Jahre. Einen klaren Einblick in diese Bewegung erhält man aus einer Zusammenstellung, die Selby Haar[1]) von allen Fernleitungen der Welt gibt, die mit 70000 V und darüber arbeiten. In Tabellenform werden eine große Anzahl sehr wichtiger Angaben auch über die Energieverteilung gemacht. Im ganzen sind 54 Anlagen aufgeführt, von denen etwa die Hälfte weniger als 2 Jahre im Betrieb sind. Auch eine eingehende Arbeit von Klingenberg[2]) über die Energieversorgung der Großstädte, insbesondere Berlin, Chicago, London, zeigt den wesentlichen Vorteil der Energiezusammenfassung; sie befaßt sich mehr mit den Fragen der Energieerzeugung, sei aber hier erwähnt einmal, weil sie wohl zum ersten Male eine Verteilung mit 100000 V durch Kabel als praktisch ausführbar berücksichtigt, und dann weil sie zeigt, wie in vielen Fällen für Wirtschaftlichkeitsrechnungen die Leitungsverluste gewissermaßen als Größe zweiter Ordnung hinter den Erzeugungs- und Anlagekosten zurücktreten, derart, daß eine günstige Beeinflussung dieser von weit größerem Einfluß ist als jener.

Zugleich mit der Erstellung derartiger Großkraftwerke gewinnt auch die Frage an Wichtigkeit, die Kurzschlußleistung einer solchen Anlage zu begrenzen. In der amerikanischen und englischen Literatur wird hierzu der Einbau besonderer Drosselspulen sowie die Erhöhung der inneren Reaktanzen der Generatoren und Transformatoren mehrfach erörtert. Lyman, Rossman und Perry[3]) behandeln auf Grund angegebener einfacher Rechnungsunterlagen den Einfluß von Größe und Anordnung der Drosselspulen an dem Beispiel eines Werkes mit 9 Maschinen von je 25000 kVA. Baut man sie in die Generatorenableitungen ein, so schützt man zwar die einzelnen Generatoren selbst, Kurzschlüsse in den Sammelschienen oder Speiseleitungen bleiben aber unter dem gleichmäßigen Einfluß aller laufenden Maschinen bestehen. Man ordnet die Drosselspulen deshalb besser in den Sammelschienen an, sie fallen dann kleiner aus als bei der ersten Anordnung, ergeben aber Spannungs- und Phasenunterschiede zwischen

den einzelnen Sammelschienenabschnitten. Weitgehende Unterteilung, so daß zwischen 2 Generatoren eine Drosselspule liegt, bewirkt geringste Kurzschlußleistung. Ringsammelschienensysteme sind günstiger als ungeschlossene, als günstigstes erweist sich aber an Hand einer größeren Anzahl sehr übersichtlich gegebener Schaubilder ein Sammelschienensystem, bestehend aus einer Hauptschiene mit eingebauten Drosselspulen und einer Durchschaltschiene ohne solche, mit der man die Drosselung, soweit im Betriebsfalle nicht nötig, unwirksam macht. Während man in der neueren deutschen Praxis Drosselspulen in den Leitungen gern meidet oder sie zum mindesten mit Widerständen überbrückt, wird hier zur Eingrenzung eines Fehlers empfohlen, in die einzelnen Speiseleitungen Drosselspulen einzubauen, und zwar am besten in Verbindung mit solchen in den Sammelschienen. Ein Vortrag von Faye-Hansen und Peck[4]) nebst anschließenden ausführlichen Besprechungen behandelt nur allgemein die verschiedenen Einbaumöglichkeiten mit ihren Vor- und Nachteilen. Die durch die Sammelschienen-Drosselspulen hervorgebrachten Phasenverschiebungen und die dabei zu beachtenden Verhältnisse der parallel arbeitenden Generatoren werden eingehender klargelegt. Bei erheblicher Strombegrenzung ist es möglich, die Wicklungen in Eisen einzubauen, ohne bei einem Kurzschluß zu einer Übersättigung des Eisens zu kommen; es könnten dann normale Transformatoreneinzelteile verwandt werden. Hollis[5]) gibt eine allgemeinere Übersicht über die Verwendungsmöglichkeit von Drosselspulen in Hochspannungsanlagen, so z. B. auch als Ersatz für die Ohmschen Widerstände der Vorkontaktschalter; eine Ausführung der Strombegrenzungsspulen, in Porzellanzwischenkörpern gelagert, wird beschrieben.

Der Einbau sehr hoher Reaktanzen erfordert die Vermeidung nacheilender Blindströme im Verteilungsnetz, weil sonst die Spannungsabfälle zu hoch werden. Es erscheint also als Ergänzung das neuerdings mehrfach in Amerika beschriebene System der Übertragung mit voreilenden Strömen und konstanter Spannung am Platze. Von einer ausgeführten derartigen Anlage, die zugleich durch die Höhe der Spannung, 150000 V, bemerkenswert ist, berichtet Woodbury[6]). Der Dauerkurzschlußstrom beträgt hier nur 110% des Vollaststromes; die Anlage arbeitet deswegen bei einem kleinen Überschuß an voreilendem Strom schon mit gleicher Spannung am Anfang und Ende der Leitung. Nähere Angaben über die praktische Erprobung dieses Systems werden leider nicht gemacht, wohl aber über die besonders geschaffenen Vorrichtungen zu weitgehender positiver und negativer Feldregulierung. Hagood[7]) empfiehlt wiederholt, die Spannungsregulierung nicht nur den voreilenden Strömen der unbelasteten rotierenden Kondensatoren zu überlassen, sondern diese als Synchronmotoren mit Zusatzgeneratoren zu belasten. Soschinski[8]) stellt eingehendere Berechnungen über die bessere Ausnutzungsfähigkeit der Übertragungsleitungen bei Verwendung von Synchronmotoren an. Es wird dabei eine selbstregulierende Leitung mit etwa 2% Spannungsregulierung mit einer allein nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten ausgenutzten, durch Blindbelastung beeinflußte Leitung verglichen, wobei diese Blindbelastung nur so groß genommen ist, daß bei dem zu erwartenden Unterschied zwischen geringster und größter Last auch nur derselbe Spannungsunterschied auftritt wie bei der nichtbeeinflußten Leitung.

Sartori[9]) stellt die Möglichkeiten zum Verbessern des Leistungsfaktors der Belastung zusammen. Bei der Verwendung von Synchronmotoren ist bemerkenswert, daß selbst mit gedrosseltem Dampf laufende, nicht abkuppelbare Turbogeneratoren trotz des sicherlich hohen Dampfverbrauchs schon verwandt wurden. Auch die Herstellung von Niederspannungskondensatoren von 550 V, 1000 μF mit 2% Verlust und 40 M für 1 kVA Kosten wird erwähnt, ferner werden die Möglichkeiten der Rotorbeeinflussung aufgeführt.

Zur Frage der Spannungsregulierung durch Drehtransformatoren gibt Zederbohm[10]) die verschiedenen hierbei vorkommenden Anordnungen und Schaltungen an. Erwähnt wird die Verwendbarkeit von Doppeltransformatoren

mit voneinander unabhängiger Drehbewegung zur Regulierung von Phasenverschiebung und Spannung, die automatische Regulierung auf Phasenverschiebung beim Parallelarbeiten zweier Zentralen. Die Verwendbarkeit einer größeren Anzahl von automatisch arbeitenden Drehtransformatoren kleinerer Leistung in einer Anlage mit sehr veränderlichen Betriebsverhältnissen und verschiedenen Spannungen zeigt Jenks[11]).

Taylor[12]) macht Angaben über einen umlaufenden Spannungserhöher, bestehend aus Motor und 2 Generatoren, der in einem Ausläufer eines Gleichstromdreileiternetzes unmittelbar im Kabelschacht angeordnet ist und zu bestimmten Tageszeiten selbsttätig in die Leitung geschaltet wird. Die nötigen Schaltapparate und Spannungsregler sind in einem besonderen Schaltschrank untergebracht.

Die Erdung oder Isolierung der Neutralen in Hochspannungsanlagen in Verbindung mit der Frage ob Dreieck- oder Sternschaltung der Transformatoren zweckmäßig ist, wird von Jollyman, Downing und Baum[13]), von Blume[14]), Fortescue[15]), Clinker[16]), Collbohm[17]) sowie in anschließenden Facherörterungen[18]) in Amerika erneut behandelt, aber nicht endgültig geklärt[19]). Bei den dort in Drehstromnetzen meist verwandten, magnetisch nicht verketteten Einphasentransformatoren und ferner der Ausführung von Hochspannungs-Vierleiternetzen sind die Schaltungsmöglichkeiten wesentlich mannigfaltiger, als unserer Praxis entspricht. Bevorzugt werden die Dreieck-Dreieck-Schaltung und für große Anlagen mit hoher Spannung hochspannungsseitig Stern mit geerdeter Neutrale. Die erstgenannten Verfasser beschreiben eine derartige 60000-Volt-Anlage in Kalifornien von etwa 2000 km Streckenlänge, bei der sich die Neutralenerdung sehr gut bewähre. Bei einer so ausgedehnten Anlage würde allerdings auch bei isoliertem Nullpunkt der Erdschlußladestrom sehr groß werden; er wird zu 400 A angegeben, was unseren Erfahrungen gut entspricht. Semenza[20]) lehnt in der Erörterung zu diesem Aufsatz, in der auch von anderer Seite z. B. wegen der Telephonstörungen Bedenken geäußert werden, die Erdung der Neutralen für die italienische Praxis ab. Collbohm will gewisse Nachteile des geerdeten Systems von vornherein aufheben und führt insbesondere eine Relaisschaltung an, bei der auftretender Erdschlußstrom die Maximalrelais in den Phasen unwirksam macht, so daß es nicht zum Auslösen der Schalter kommt. Eine 66000-V-Anlage kleineren Umfanges hatte hierbei trotz starker Gewitterstürme bei geerdeter Neutralen nur ganz geringe Störungen. Die Frage, ob Neutralenerdung oder nicht, wird sicher durch die klimatischen Verhältnisse der betreffenden Gegend wesentlich beeinflußt. Daß die oben genannte kalifornische Anlage unter wesentlich günstigeren Verhältnissen in bezug auf Gewitterstörungen usw. arbeitet als sonstige amerikanische und auch als unsere Anlagen, geht aus Ausführungen von Downing[21]) hervor, der die besonderen Verhältnisse im Westen Amerikas behandelt.

Simon[22]) beschreibt unter anderen Vorschlägen zur Verbilligung der Überlandnetze eine verkettete Schaltung zweier Drehstromsysteme, die bei Erdung des gemeinschaftlichen Verkettungspunktes anwendbar wäre. Es werden zwei Drehstromsysteme, deren einzelne Phasen um 180^0 gegeneinander versetzt sind, entsprechend dem Dreileitersystem so verkettet, daß bei gleicher Last in beiden die zusammengelegte Phase keinen Strom führt, also fortgelassen werden kann. Das entstehende Vierleitersystem ist aber nur günstiger als eine mit nicht geerdetem Nullpunkt arbeitende Drehstromleitung.

In der amerikanischen Literatur ist eine Anzahl von Übersichten über die Entwicklung der verschiedenen Leitungssysteme erschienen. Es ist daraus zu entnehmen, daß unsere Praxis es im allgemeinen verstanden hat, mit der gesunden amerikanischen Fortentwicklung Schritt zu halten, die Hemmungen aber zu vermeiden, die dort durch die allzu stürmische Anfangsbewegung geblieben sind. Junkersfeld[23]) gibt einen Bericht der Unterkommission des Am. Inst. of El. Eng., der neben einer Literaturzusammenstellung 9 Anhänge verschiedener Autoren je über ein Sondergebiet der Verteilung enthält und den

jetzigen Stand der amerikanischen Verteilungspraxis darstellt. In der großen Mannigfaltigkeit, die einem hier entgegentritt, erkennt man als derartige Hemmungen z. B. die getrennte Licht- und Kraftverteilung, wobei für erstere das Dreileiterwechselstromsystem noch immer überwiegt, das Beibehalten zweier Periodenzahlen nebeneinander, das fast ausschließliche Festhalten an 2 · 110 V selbst bei den größten Anlagen. Nach Tapscott[24]) kommen bei amerikanischen Gleichstrom-Dreileiteranlagen Ströme bis zu 1000000 A vor. Die Verwendung armierter Kabel erscheint noch so in den Anfängen, daß Nims[25]), der eine derartige Anlage beschreibt, ihre Lebensdauer gegenüber der der Röhrenkabel als unerforscht bezeichnet. Die strenge Einheitlichkeit der Spannungen, die z. B. zu einer sehr erwünschten Gleichmäßigkeit der Transformatoren führt und von der wir leider noch weit entfernt sind, bringt anderseits anscheinend die sicherlich überflüssige Verwendung von Hochspannungs-Vierleiternetzen mit 4000/2300 V hervor, damit die Phasenspannung für die normalen Lichttransformatoren diene. Da es häufig schwierig sei, Platz für die Verteilungstransformatoren zu schaffen, wird die Verwendung von Niederspannungs-Speiseleitungen empfohlen, eine Praxis, der wir kaum zustimmen werden. Als Gegenstück sei ein Vorschlag aus der deutschen Praxis von Ohliger[26]) erwähnt, nach dem die Transformatoren in besonderen Betonschächten unter Boden sitzen, die Hochspannungsapparate in flachen, den Baulichkeiten angepaßten Wandschränken, die Niederspannungsverteilung in Kabelkästen untergebracht sind.

Ein sehr wichtiges und durchaus noch nicht erschöpftes Gebiet ist das des Überstromschutzes ausgedehnter Hochspannungsnetze. Ricketts[27]) macht bemerkenswerte Ausführungen über Versuche an sehr empfindlich arbeitenden Relais, die zwar vom Strome abhängige Zeiteinstellung haben, aber doch so, daß zu dem höchsten Überstrom eine bestimmte und auf Bruchteile einer Sekunde genau einstellbare Grenzzeit des Ansprechens gehört. Eine Kompensationsspule soll dabei den Relaisstrom begrenzen, so daß das Relais auch nicht nachläuft und eine ganze Anzahl davon im Netz hintereinandergeschaltet werden kann. Ein mit dem Relais zu verwendendes Rückstromelement soll schon bei 2% Normalspannung sicher arbeiten. Die Anwendung derartiger Relais in Ringleitungen wird beschrieben. Bis zu einem gewissen Grade könnte ein derartiges System das bekannte, mit Hilfskabeln arbeitende Differentialschutzsystem ersetzen, falls es tatsächlich möglich ist, die beschriebene Empfindlichkeit dauernd zu erzielen. Ein anderer Ersatz beim Schutz paralleler Speisekabel wurde in Anlehnung an frühere ähnliche Vorschläge von Waters[28]) ausgeführt; er beruht auf der gestörten Symmetrie der Summe der Ströme eines Kabels, bei dem ein Stromrückweg durch Erde möglich ist. Über Zuverlässigkeit und Empfindlichkeit der Anordnung werden Mitteilungen nicht gemacht.

Berechnung der Netze und der Leitungen. Zu den vielen bekannten Annäherungsmethoden für die Berechnung langer Fernleitungen werden einige neue bzw. abgeänderte gefügt. Dwight[29]) zeigt an einem Beispiel, daß die Errechnung der in die Lösung eingehenden Hyperbelfunktionen durch aufeinanderfolgende Auswertung der einzelnen Glieder der Reihenwerte bei geeigneter Ausführung der Rechenoperationen schnell zum Ziele führt. Del Buono[30]) gibt eine ausführliche Darstellung einer Näherungsrechnung ähnlich der Blondelschen mit Kurvendarstellungen; die mit der Rechnung gut übereinstimmenden Meßergebnisse an der 185 km langen Leitung Pescara-Neapel verdienen Beachtung. An einer künstlichen Leitung haben Kenelly u. Pender[31]) gleichfalls Messungen mit erhöhter Periodenzahl angestellt. Bei 386 km Leitungslänge und etwa 250 mm² Kupferquerschnitt würde eine Oberschwingung von 189 Perioden, für die diese Leitung als ¼ Wellenlänge schwingt, am Ende auf den 20fachen Wert der Anfangsspannung verstärkt werden. Messung und Berechnung stimmen gut überein. Dwight[32]) gibt ferner ein Hilfsblatt für graphische Ermittlung des Spannungsabfalls $e_w \cos\varphi + e_i \sin\varphi$, das in der Anwendung sehr einfach ist, aber nicht in allen Teilen geklärt erscheint, da nähere Angaben über die gemachten Näherungsannahmen fehlen.

Die Verwendung von einfachen Hochspannungskabeln dürfte in der nächsten Zeit mehr in Aufnahme kommen. Proos[33]) entwickelt an Hand des Transformatordiagrammes ein einfaches graphisches Verfahren, um den Einfluß der Bleimantelströme auf die Leitungskonstanten zu ermitteln, der ja bei einer solchen Übertragung durchaus berücksichtigt werden muß. Die Ergebnisse wären vielleicht zweckmäßig auch in algebraischen Formeln ausgedrückt worden, zumal diese den Zusammenschluß mit den Energiebeziehungen ohne weiteres gegeben hätten. Ist r_b der Ohmsche, s_b der induktive Schleifenwiderstand der kurzgeschlossenen Bleimäntel, so ergibt sich eine Erhöhung des Ohmschen Widerstandes im Hauptkreise um $r_b \frac{s_b^2}{r_b^2 + s_b^2}$ und eine Verminderung des induktiven Widerstandes im Hauptkreise um $s_b \frac{s_b^2}{r_b^2 + s_b^2}$; der in beiden Fällen gleiche Reduktionsfaktor ist, wie sich ohne weiteres nachweisen läßt, gleich dem Verhältnis der Quadrate von Bleimantelstrom zu Kupferstrom, in einem angeführten Beispiel ist er 7,2%.

Bei Freileitungsübertragungen mit sehr hohen Spannungen stört die durch die Kapazitätsverhältnisse bedingte ungleichmäßige Spannungsverteilung an den einzelnen Gliedern der Kettenisolatoren, da die von der Leitung entfernt liegenden Glieder nicht genügend ausgenutzt werden. Rüdenberg[34]) löst unter der Annahme, daß die Kapazität der einzelnen Kettenglieder gegen Erde gleichbleibt, die Differenzgleichung der Glieder in schöner mathematischer Entwicklung und stellt dadurch brauchbare Formeln für die Spannungsverteilung auf. Der Quotient der Kapazitäten der Isolatorenverbindung gegen Erde zu der der Kapazität der Isolatorenbelegungen gegeneinander muß klein gehalten werden. Ist er z. B. $^1/_{20}$, so ist die Vermehrung der Gliederzahl über fünf schon praktisch wertlos.

Forssblad[35]) empfiehlt, neben jeder Spannungsabfallberechnung eine Kontrolle auf Wirtschaftlichkeit auszuführen; er entwickelt unter genauer Festlegung der getroffenen Annahmen eine Anzahl von Kurven zur Bestimmung der wirtschaftlichen Stromdichtung bei konstanter Spannung. Für die Auswertung der Jahresverlustkosten wird eine einfache symbolische Belastungskurve zugrunde gelegt.

Veröffentlichungen über die Berechnungen vermaschter Niederspannungsnetze liegen nur ganz vereinzelt vor. Herzog[36]) deutet die Lösung der in Betracht kommenden linearen Gleichungen elektrisch als Öffnung von Maschenströmen und Deckung von Knotenspannungen und führt diese sehr anschauliche Parallele bis in die Einzelheiten mathematisch und graphisch durch. Fuchs[37]) zeigt, daß bei Lösung der Knotengleichungen zweckmäßig solche Annäherungen zu wählen sind, die dem besonderen Bau dieser Gleichungen Rechnung tragen. Es ergibt sich so ein Stufen-, Nivellier- und Schwerpunktsverfahren und eine Gruppenstufung. Mattausch[38]) rechnet ein Beispiel nach der Methode der widerstandstreuen Umbildung eingehend durch.

Über die mechanischen Berechnungen der Freileitung und Gestänge finden sich einige Angaben in einem Bericht, den Sothman[39]) für die Fernleitungsunterkommission des Am. Inst. of El. Eng. erstattet. Trotz der vielen in Amerika ausgeführten Leitungen werden dort diese Berechnungen anscheinend weit weniger genau ausgeführt als bei uns; in der Erörterung zu der Veröffentlichung wird geradezu vor zu genauer Berechnung der Leitungsdurchhänge gewarnt, weil sie in der Ausführung doch nicht eingehalten werden können. Im Gegensatz dazu geht eine neue Arbeit von Blondel[40]), der in seine bekannte graphische Methode der Kurvenscharen besondere Sicherheitskurven einführt, auf alle Einzelheiten ein; die angegebene Methode, die Mastbeanspruchung zu ermitteln, geht sogar über die praktischen Bedürfnisse weit hinaus.

Meßverfahren. Zur Beseitigung der Schwierigkeiten, die sich bei gewissen Kabelfehlerbestimmungen immer wieder einstellen, gibt Simons[41]) einige von ihm erprobte Abänderungen der normalen Meßverfahren an. Um auch bei

stärkerem Schluß aller zur Verfügung stehenden Kabeladern eine Messung ausführen zu können, benutzt Pfannkuch[42]) die Induktivitäten der Teilschleifen zur Vergleichsmessung und macht diese dadurch von den Übergangswiderständen unabhängig. Lewin[43]) benutzte die vorher auf ihre Gleichmäßigkeit geprüften Kabelkastensicherungen, um an ihnen mit einem Millivoltmeter die Belastungsströme zu messen. Es wurde dadurch in einfacher Lösung dieser so wichtigen Aufgabe die völlig ausreichende Genauigkeit von 5% erzielt. Pestarini[44]) kommt auf Grund allgemeiner Betrachtungen an beliebig vermaschten Einphasennetzen zu einer Aufteilung der Leistungsmessung in Mehrphasennetzen unsymmetrischer Belastung nach Wattleistung und wattloser Leistung und bestimmt so den Leistungsfaktor. Ein dafür ausgebildetes Instrument wird beschrieben.

[1]) Selby Haar, El. World Bd 63, S 925; El. Kraftbetr. 1914, S 545. — [2]) Klingenberg, ETZ 1914, S 81. — [3]) Lyman, Rossman u. Perry, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 141, 1663. — [4]) Faye-Hansen u. Peck, Jl. Inst. El. Eng. Bd 52, S 511, 655, 681; Electr. (Ldn.) Bd 72, S 1046, 1084; Bd 73, S 49, 94; El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 609, 674, 736. — [5]) Hollis, Jl. Inst. El. Eng. Bd 52, S 254, 584; Electr. (Ldn.) Bd 72, S 683; Bd 74, S 465. — [6]) Woodbury, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914 S 1359; El. World Bd 64, S 665; ETZ 1914, S 1107. — [7]) Hagood, Gen. El. Rev. 1914, S 786. — [8]) Soschinski, ETZ 1914, S 971, 991. — [9]) Sartori, Bull. Soc. Belge d'El. 1914, S 334; Bull. Soc. Internat. des El. R 3, Bd 4, S 519. — [10]) Zederbohm, El. Kraftbetr. 1914, S 208. — [11]) Jenks, El. Jl. 1914, S 309. — [12]) Taylor, El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 245. — [13]) Jollyman, Downing u. Baum, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 747. — [14]) Blume, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 753. — [15]) Fortescue, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 771. — [16]) Clinker, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 785. — [17]) Collbohm, El. World Bd 63, S 870. — [18]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1787, 1793. — [19]) ETZ 1914, S 743. — [20]) Semenza, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1793. — [21]) Downing, El. World Bd 63, S 535. — [22]) Simon, El. Masch.-Bau 1914, S 442. — [23]) Junkersfeld, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 235, 1125. — [24]) Tapscott, Gen. El. Rev. 1914, S 228. — [25]) Nims, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1147. — [26]) Ohliger, Mitteil. der Verein. der El. Werke 1914, S 80. — [27]) Ricketts, El. Jl. 1914, S 227. — [28]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 270. — [29]) Dwight, El. World Bd 64, S 474. — [30]) del Buono, El. World Bd 63, S 723 nach Atti d'Assoc. Elettr. Ital. Bd 17, 31. Okt. 13. — [31]) Kennelly u. Pender, El. World Bd 64, S 278. — [32]) Dwight, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 136. — [33]) C. F. Proos, ETZ 1914, S 1113. — [34]) Rüdenberg, ETZ 1914, S 412. — [35]) Forssblad, ETZ 1914, S 449. — [36]) Herzog, El. Masch.-Bau 1914, S 250. — [37]) Fuchs, El. Masch.-Bau 1914, S 350. — [38]) Mattausch, Helios Fachz. 1914, S 261, 279. — [39]) Sothman, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 201, 1200; El. World Bd 63, S 534. — [40]) Blondel, Lum. él. R 2, Bd 25, S 481, 513, 545. — [41]) Simons, ETZ 1914, S 708. — [42]) Nach Mitt. Verein. El. Werke 1914, S 512. — [43]) Lewin, ETZ 1914, S 1091. — [44]) Pestarini. Bull. Soc. Internat. des El. R 3, Bd 4, S 273.

Leitungsdrähte, Kabel, Isolierstoffe.

Von Dr. Richard Apt.

Freileitungen. Die Kupfernormalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sind den von der Internationalen elektrotechnischen Kommission aufgestellten internationalen Kupfernormalien[1]) angepaßt worden, so daß nunmehr in den wesentlichen Punkten Übereinstimmung zwischen den Kupfernormalien der wichtigsten Industrieländer besteht.

Ring[2]) berichtet über Beobachtungen an eisbehangenen Freileitungen, aus denen sich für den gesamten Querschnitt Draht-Eis in mm² die Formel $A = 334 \cdot \sqrt{d}$ ergibt, wobei d den Durchmesser des Drahtes in mm bedeutet. Die hiernach berechneten Zahlen weichen von den Angaben der Freileitungsnormalien des VDE allerdings etwas ab, indessen ist zu berücksichtigen, daß bei großen Querschnitten der Winddruck die Eisbelastung überwiegt.

Die durch den Krieg geschaffene Knappheit in der Kupferzufuhr hat das als Leitungsmaterial im letzten Jahrzehnt nur selten verwendete Eisen in den Vordergrund des Interesses gerückt, da uns dieses Metall in reichlichen Mengen zur Verfügung steht. Für Gleichstrom liegen die Verhältnisse bei Verwendung von Eisen ziemlich einfach, da hier zur Berechnung des Spannungsabfalles nur der höhere Widerstand in Betracht zu ziehen ist. Bei Wechselstrom hingegen ergibt sich bei größeren Querschnitten eine erhebliche Widerstandserhöhung durch die sog. Hautwirkung, ferner ist der größere induktive Widerstand zu berücksichtigen. Versuche haben gezeigt, daß die Widerstandserhöhung durch die Hautwirkung in engen Grenzen bleibt, wenn man den Drahtdurchmesser nicht wesentlich über 2 mm steigert. Auch bei der Verseilung einzelner Drähte zu Litzen tritt eine nur mäßige Widerstandserhöhung auf, wenn die angegebene Grenze des Durchmessers der Einzeldrähte ungefähr erhalten bleibt. Die Verwendung eiserner Freileitungen wird überall da gefordert, wo es sich um provisorische Anlagen, wie Gefangenenlager, Lazarette usw., handelt. Sie wird aber auch in anderen Fällen stattfinden können, wo es sich um Übertragung geringer Leistungen auf nicht zu große Entfernungen handelt. Übrigens ist die Beobachtung gemacht worden, daß sich bei hohen Spannungen aus der Verwendung eiserner Leitungen eine erhöhte Schutzwirkung gegen Überspannungen ergibt[3]).

Über Erfahrungen mit stählernen Fahrleitungen für Straßenbahnen liegen aus Amerika Berichte vor[4]), die eine Verwendung des Stahldrahtes auch für diesen Zweck unter gewissen Umständen als beachtenswert erscheinen lassen.

Kabel. Das wegen der komplizierten Stromverteilung theoretisch schwierig zu behandelnde Problem des Drehstromkabels wurde von Förster[5]) einer rechnerischen Behandlung unterzogen. Die Untersuchungen hatten das Ziel, die günstigste Bauart dreifach verseilter Drehstromkabel zu ermitteln, wobei sich bei kleinstem Materialaufwand die geringste elektrische Beanspruchung ergibt. Die Schwierigkeiten, die sich der Prüfung ausgedehnter verlegter Kabelnetze mit Wechselstrom entgegenstellen, veranlaßten Lichtenstein[6]), erneut auf die Verwendung von hochgespanntem Gleichstrom für diesen Zweck unter Verwendung des Umformers von Delon eindringlich hinzuweisen. Nach den von ihm angegebenen Versuchen ist das Verhältnis der Durchschlagspannung bei Gleichstrom zu der bei Wechselstrom etwa mit 2,8 anzusetzen. Wenn es auch zweifellos sehr erwünscht wäre, die großen Schwierigkeiten der Wechselstromprüfung zu umgehen, erscheint es doch fraglich, ob der Gleichstromprüfung besonders mit einer relativ schwachen Stromquelle dieselbe Wirksamkeit zuzuschreiben ist wie der Wechselstromprobe.

Bemerkenswerte Ausführungen über Kabelprüfungen veröffentlichten Middelton und Dawes[7]). Die Höhe der Prüfspannungen sollte mehr nach theoretisch richtigen Grundsätzen abgestuft werden, d. h. größere Querschnitte bei derselben Isolationsstärke höher geprüft werden als kleinere, da sonst die Beanspruchung des Isoliermaterials bei größeren Querschnitten zu gering ist, um Fehler auffindbar zu machen. Der höhere Sicherheitsgrad sollte bei gleicher übertragener Leistung den Kabeln mit niederer Spannung und bei gleicher Spannung den Kabeln mit höherer Leistung zufallen.

Auf die Zweckmäßigkeit sog. Dehnmuffen[8]) für Kabel bei Erdbewegungen wurde erneut hingewiesen und eine dafür geeignete Konstruktion beschrieben.

Isolierte Leitungen. Die Aufstellung der neuen Normalien[9]) für isolierte Leitungen wurde vom Verband Deutscher Elektrotechniker zum Abschluß gebracht. Wenn auch prinzipielle Unterschiede gegen die früheren Normalien nicht bestehen, so wurde doch vor allem der Wichtigkeit des Anschlusses ortsveränderlicher Stromverbraucher entsprechend für diesen Zweck eine Reihe neuer Leitungsarten in die Normalien aufgenommen, so daß diese nunmehr ein nahezu vollständiges Verzeichnis der für elektrische Installationen notwendigen Leitungsarten darbieten. Daß die früher vielfach angegriffenen Vorschriften über die Zusammensetzung der Kautschukmischungen und deren Prü-

fung auf richtigen Grundlagen beruhen, geht auch daraus hervor, daß in Amerika nunmehr ganz ähnliche Vorschriften[10]) erlassen worden sind, bei denen gleichfalls bestimmte Bedingungen über Kautschukmenge und Harzgehalt, etwa in derselben Größenordnung wie in den deutschen Normalien, vorgeschrieben wurden.

Der Krieg hat auch auf das Gebiet der isolierten Leitungen seinen Einfluß ausgeübt. Da die beiden wichtigsten Baustoffe, Kupfer und Kautschuk, nicht in beliebiger Menge zur Verfügung blieben, war es notwendig, auch für Inneninstallationen Ersatzleitungen zu schaffen, bei denen die genannten beiden Metalle nicht benutzt zu werden brauchen. Das Ergebnis war die Schaffung der sog. Manteldrähte[11]) mit Eisenleitern und Papierisolierung, die in ihrem Aufbau den bekannten Rohrdrähten ähneln, abweichend von diesen jedoch einen Leiter aus Eisendraht und eine Isolation aus imprägniertem Papier besitzen. Es ist in Aussicht genommen, die Manteldrähte in weitgehendstem Maße für feste Verlegung anzuwenden, damit die Bestände an gummiisolierten Leitungen während des Krieges möglichst für solche Zwecke zurückgehalten werden, für welche die Manteldrähte infolge ihrer Starrheit nicht geeignet sind.

Isoliermaterial. Eine Reihe wichtiger Untersuchungen wurde über Durchschlagfestigkeit und Isolationswiderstand von Isolierstoffen angestellt, aus denen sich teilweise neue Aufschlüsse über das Wesen der Stromleitung in Isolierstoffen ergeben.

Evershed[12]) untersuchte den Isolationswiderstand feuchtigkeitshaltiger Körper mit Faserstruktur. Es gelang ihm, eine Reihe bisher unerforschter Eigentümlichkeiten in dem Verhalten feuchtigkeitshaltiger Isolatoren beim Stromdurchgang aufzuklären, insbesondere die Abhängigkeit des Widerstandes von der Spannung bei denjenigen Körpern, die ihre Leitfähigkeit in der Hauptsache aufgesogener Feuchtigkeit verdanken. Er führt diese Erscheinungen auf Kapillarwirkungen des in den Poren befindlichen Wassers zurück und auf eine Änderung der Oberflächenspannung des Wassers im elektrischen Felde.

K. W. Wagner[13]) stellte eingehende Untersuchungen mit Rücksicht auf die Eignung verschiedener Isolierstoffe für die Isolation von Fernsprechkabeln an. Die praktischen Ergebnisse gipfeln in der zahlenmäßigen Feststellung einer Reihe wichtiger Materialeigenschaften sowie in der Auffindung einer Anzahl von Guttaperchamischungen, die sich als besonders geeignet zur Herstellung von Fernsprechkabeln mit großer Reichweite erweisen. Die Versuche zeigen, wie wenig es bei den Fernsprechkabeln auf einen hohen Wert des Isolationswiderstandes ankommt, daß vielmehr die Größe der dielektrischen Verluste maßgebend ist, die bei einem Isolierstoff nicht im Zusammenhange mit dem Isolationswiderstand zu stehen braucht.

Farmer[14]) sowie Gewecke und v. Krukowski[15]) suchten die Erscheinung zu erklären, daß eine Abnahme der Durchschlagspannung dünner Schichten von Isolierstoff mit wachsender Elektrodengröße stattfindet. Der Grund für dieses Verhalten ist offenbar darin zu suchen, daß bei größeren Elektrodenflächen schwächere Stellen mit höherer Wahrscheinlichkeit herausgefunden werden als bei kleineren Elektroden. Sorgt man nun dafür, daß bei den verschiedenen Elektrodengrößen der Einfluß der schwachen Stellen in gleicher Weise zutage tritt, so ergeben sich bei großen Elektroden keine ungünstigeren Durchschlagwerte als bei den kleinen.

Neue Gesichtspunkte für die Untersuchung von Isolierstoffen will Schwaiger[16]) aufstellen. Nach seiner Ansicht ist die Durchschlagsfestigkeit allein nicht maßgebend für die Beurteilung eines Isolierstoffes. Er empfiehlt die Aufstellung einer Schar charakteristischer Kurven, die sich aus Glimmkreiskurven, Büschelkreiskurven sowie der Kurve für die Größe der Gleitfunkenentladung ergeben. Die Formen und gegenseitige Lage dieser Charakteristiken sind durch die für das Verhalten des Isolierstoffes wichtigen Eigenschaften bedingt.

Pungs[17]) untersuchte das Verhalten flüssiger Isolierstoffe, wie sie besonders in der Kabelfabrikation gebraucht werden, bei Hochspannung und fand,

daß die auftretenden Verluste nahezu unabhängig von der Periodenzahl sind und quadratisch mit der Spannung zunehmen.

Bemerkenswerte Eigenschaften scheint ein unter dem Namen Paracit[18]) auf den Markt gebrachter Isolierstoff zu besitzen, der ein Kondensationsprodukt darstellt und in der Hauptsache aus Baumwolle fabriziert wird. Er kann in festem Zustande als Imprägniermasse für säure- und wetterfeste Drähte, in gelöstem Zustande als Isolationslack benutzt werden.

[1]) ETZ 1914, S 747. — [2]) Ring, ETZ 1914, S 364. — [3]) ETZ 1914, S 1109, 1132. — [4]) ETZ 1914, S 717. — [5]) Förster, Arch. El. Bd 2, S 245. — [6]) Lichtenstein, ETZ 1914, S 1008, 1021, 1046. — [7]) Middelton u. Dawes, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 987. — [8]) ETZ 1914, S 657. — [9]) ETZ 1914, S 367, 604. — [10]) ETZ 1914, S 654; Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 121. — [11]) ETZ 1914, S 1133. — [12]) Evershed, ETZ 1914, S 887. — [13]) K. W. Wagner, Arch. El. Bd 3, S 67. — [14]) Farmer, ETZ 1914, S 425. — [15]) Gewecke u. v. Krukowski, Arch. El. Bd 3, S 63. — [16]) Schwaiger, El. Masch.-Bau 1914, S 481. — [17]) Pungs, ETZ 1914, S 365. — [18]) ETZ 1914, S 397.

Ausführung der Leitungen, Stromsicherungen, Installationsmaterial, Schaltanlagen und Schalter.

Von Prof. Dipl.-Ing. Sigwart Ruppel.

Oberirdische Leitungen.

Hochspannung. Im Leitungsbau hat sich in den letzten Jahren mit der Ausdehnung der Überlandzentralen und der hierdurch erforderlichen Verwendung hoher Spannungen eine Umgestaltung vollzogen, die besonders im Isolatorenbau, den Schutzvorrichtungen und der Verwendung besonderer Mastkonstruktionen ihren Ausdruck findet. Wie sich die Entwicklung vollzogen hat, geht aus einem allgemein gehaltenen größeren Aufsatz von G. W. Meyer[1]) hervor, der über die verschiedenen gebräuchlichen Konstruktionen berichtet.

Über die in England üblichen Ausführungen hat Welbourn[2]) zusammenfassend berichtet, und die sich hierüber entspinnende Diskussion zeigt deutlich, daß selbst über die fundamentalsten Grundsätze, wie Herstellung der Bunde an den Isolatoren, Lage und Art der Schutzdrähte und Erdungen, noch stark abweichende Ansichten bestehen. Auch der Unterschied in den Kosten zwischen Hochspannungskabeln und Freileitungen sowie zwischen Kupfer- und Aluminiumleitungen wird stark diskutiert. Bei den Zerstörungen der Isolatoren an den Bunden und der Bunde selbst wird ebenso wie bei den amerikanischen Besprechungen nur auf die mechanischen Wirkungen und nicht auf den doch nicht zu unterschätzenden Einfluß der Korona hingewiesen. Es werden verschiedene Ausführungen der Bunde besonders empfohlen und beschrieben. Auch Dethiollaz[3]) schlägt eine solche Konstruktion vor.

Isolatoren. In den amerikanischen Berichten steht fast überall die Isolatorenfrage im Vordergrund, vermutlich, weil das verwendete Porzellan meist eine wesentlich geringere mechanische und elektrische Festigkeit besitzt als das deutsche. In der Diskussion[4]) über Normen von Hochspannungsisolatoren vor dem Am. Inst. of El. Eng., die sich auf einen im Jahre 1913 von F. W. Peek jr., J. A. Sandford und P. H. Thomas[5]) vorgelegten Entwurf bezieht, spielen die mechanischen Zerstörungen durch Sprengungen an den einzementierten Stützen eine große Rolle, und auch hier zeigt sich die Furcht vor dem porösen Porzellan in dem mehrfach vorgebrachten Antrag, daß man auf die sorgfältige Herstellung der Isolatoren in den Porzellanfabriken größeren Einfluß gewinnen müsse. Kurven über die Abhängigkeit des Porzellanwiderstandes von der Brenndauer und Berichte über die Vornahme der mechanischen Prüfungen in der Fabrik unterstützen diese Anträge. Dabei wird darauf hingewiesen, daß die vorhergehenden mechanischen Belastungen die elektrischen Prüfungen beeinflussen. Auch die

Art der Vornahme der Regenprüfung und des hierzu zu verwendenden Wassers wird eingehend besprochen.

Die Bestimmungen[6]) über die Prüfung von Hochspannungsisolatoren über 25000 V werden dann im Juni 1914 in ihrer endgültigen Fassung vorgelegt, aber betont, daß dieser Musterentwurf noch für spezielle Fälle ergänzt werden muß, und daß sich noch mancherlei erst mit der Zeit zu klaren einwandfreien Bestimmungen verdichten kann.

Untersuchungen von A. O. Austin[7]) zeigen an Photographien, daß die mit der Zeit eintretenden Störungen in der Hauptsache auf Sprengungen durch Wachsen der Zementschichten und durch Witterungseinflüsse bei dem porösen Material hervorgerufen werden.

Dies scheint ein Bericht von Crawford[8]) zu bestätigen, der über Erfahrungen bei drei verschiedenen 55000 V-Linien berichtet, die 10 bzw. 5 Jahre im Betrieb sind. In einer dieser Linien mit schlechteren Isolatoren mußten 83% der ersten Installation ausgetauscht werden, während bei der Linie mit den guten Isolatoren nur 3 Isolatoren im Betrieb zugrunde gingen. Die Störungen traten fast durchweg erst nach einigen Jahren auf. Um sie schon frühzeitig zu ermitteln, ehe sie ungünstig wirken können, wird eine Telephonmethode empfohlen, welche die zur Erde übergehenden Ströme feststellt. W. Claypoole[9]) bespricht allgemein die verschiedenen, an einen guten Isolator zu stellenden Bedingungen unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit. Er bringt eine Reihe von Versuchen an verschiedenen Isolatoren und ermittelt, welche Bedingungen für gute Konstruktionen daraus gezogen werden können.

Über Hängeisolatoren berichtet Buck[10]) und beschreibt verschiedene wichtige Punkte bei ihrer Verwendung sowie die Benutzung der Belastungsgewichte zum Verhindern von Schwingungen, besonders bei leichten (Aluminium-) Leitungen. Collbohm[11]) macht auf einen bei den Hängeisolatoren leicht anzubringenden Metallbügel aufmerksam, der durch seine Anordnung ober- und unterhalb der Isolatoren entstehende Lichtbögen von den Isolatoren wegleitet und gleichzeitig als Blitzschutzvorrichtung wirkt. Als Verbindung der Tellerisolatoren werden von den Siemens-Schuckertwerken[12]), um Platz zu sparen, Bänder benutzt, die mit einem besonderen Keilschloß gehalten werden. Daß die Überschlagsspannung fast direkt mit der Luftdichte wächst, und die Höhenlage bei den Isolatoren berücksichtigt werden muß, zeigen Untersuchungen an Leitungen mit Isolatoren von F. W. Peek[13]).

Ausführung von Hochspannungsanlagen. Besonders in Amerika ist viel geschrieben worden, und wenn auch manche Angaben sich wiederholen, so findet man doch viel Beachtenswertes. Woodbury[14]) gibt ein anschauliches Bild über die Arbeitsbedingungen einer 150000-V-Leitung, ihrer Maste, Isolatoren, Leitungen sowie der Stationen, während Mitchell[15]) in der Beschreibung der Werke der Alabama Power Co. Angaben über die in Amerika so vielfach verwendeten Außenunterwerke liefert. Er weist darauf hin, daß hierdurch wesentlich an Kosten gespart wird, und macht Angaben über Anordnung der Transformatoren, Einbau der Schalter und Führung der 300 km langen 110000-V-Leitung. Wissenswerte Angaben, besonders in bezug auf die Kosten, bringt Nims[16]), während Trotter[17]) besonders die Verlegung und Anordnung der Schutzdrähte und Erdungsvorrichtungen bespricht, die so angeordnet sind, daß ein ungeerdeter Leiter stets auf den geerdeten oder einen mit ihm verbundenen Draht fallen muß. Ein ganz besonders reichhaltiges Material ist in einer Zusammenstellung enthalten, die vom American Institute of El. Eng.[18]) auf Grund von Erhebungen bei 25 Gesellschaften, die mit 125000 V und mehr arbeiten, ermittelt wurde. In den an 105 Gesellschaften übersandten Fragebogen sind Angaben über Mastkonstruktionen, Art der Verlegung von Leitungen und ihrer Schutzvorrichtungen, Transformatoren und ihrer Stationen, Telephonleitungen, Störungen und ihrer Ursachen und vieler technischer Einzelheiten enthalten. In einer Reihe von Tabellen sind viele der wichtigsten Angaben übersichtlich zusammengestellt, und Zeichnungen von Masten, Transformatoren-

stationen, Isolatoren, Schaltanordnungen geben einen guten Überblick über die gebräuchlichen amerikanischen Spezialkonstruktionen. Von Interesse ist auch eine Gegenüberstellung der verschiedenartigen Erfahrungen mit gleichen Anordnungen in den verschiedenen Betrieben.

Über die Ausführung ihrer Außenunterwerke gibt die Gen. El. Co.[19]) verschiedene Konstruktionsangaben, aus denen hervorgeht, daß in der Primäranlage die beim Transformator angeordneten Schalter meist als Luftschalter gebaut werden und Antrieb durch Motor oder Gestänge erhalten. Die Sekundärstation sitzt gewöhnlich in einem Schaltkasten. Solche kleineren Außenunterwerke sind nichts anderes als Masttransformatorenstationen und haben mit ihnen den Vorteil geringen Raumbedarfes und des leichten Auswechselns der Transformatoren für sich. J. Schmidt[20]) beschreibt eine ganze Reihe solcher Masttransformatoren, die bei Größen unter 30 kW trotz der größeren Überlastungsfähigkeit geringere Kosten aufweisen als geschlossene Transformatorhäuser. Eine besonders ausgebildete Form eines runden, geschlossenen Eisenmastes stellt die Edison Co.[21]) her, der in seinem unteren stärkeren Teil einen zylindrischen Transformator aufnimmt, zu dem die Hochspannungsleitungen von oben oder unten geführt werden können. Die Sekundärseite ist bequem zugänglich und am Kopf des Mastes ist die Verteilung untergebracht, die durch eine abnehmbare Haube gegen Witterungseinflüsse geschützt ist. Ein Rohr, das auch zur Kabeleinführung dient, hält den Mast im Boden.

Eine eingehende Behandlung der Zweckmäßigkeit von Masttransformatoren bringt Binswanger[22]), der von dem Standpunkt ausgeht, daß Masttransformatoren nur einen Notbehelf darstellen, aber wegen ihrer Billigkeit verwendet werden müssen. Er bespricht von einer großen Anzahl Ausführungen die Anwendungsmöglichkeiten und macht Angaben, wie die meist beobachteten Fehler vermieden werden können. Auch die Gefährdung durch die topographische Lage wird nachgewiesen. Da die zurzeit vorhandenen Überspannungsschutzapparate eine Aufstellung im Freien nicht erlauben, müssen an die Transformatoren selbst besondere Ansprüche gestellt werden. Auch muß eine Überlastbarkeit von etwa 100% für 8 h gefordert werden, da bei der durchschnittlich geringen Jahresbenutzungszahl der Maststationen die Leerlaufverluste stark ins Gewicht fallen.

Zur Verbindung von Kupfer- und Aluminiumleitungen wird eine Klemme[23]) vorgeschlagen, bei welcher das Verbindungsstück der aus Kupfer und Aluminium bestehenden Klemme durch eine Hülle aus nicht hygroskopischem, säurefestem Isoliermaterial umgeben ist.

Wie man die Kupferleitungen durch Eisenleitungen ersetzen kann, zeigt der VDE[24]) unter Hinweis von Literaturangaben über Hautwirkung sowie Werte für Änderung des Widerstandes bei verschiedenem Durchmesser der Einzeldrähte. Es wäre zu wünschen, daß die vereinzelt in der Schweiz mit Erfolg durchgeführte Verwendung bei Hochspannungsleitungen sich auch in Deutschland dauernd einbürgert.

Leitungsmasten. Eine allgemeine Betrachtung über die Verwendbarkeit der verschiedenen Masten, Art der Herstellung, Zahl der Leitungen, Spannweite, Schutzvorrichtungen sowie Ökonomie der Anlagen gibt Coombs[25]) in einer Konstruktionsangaben und Tabellen enthaltenden Arbeit. Er betont aber auch, daß die Holzmaste den nicht zu unterschätzenden Vorteil besitzen, gleich fest für Kräfte nach allen Richtungen zu sein, und daß sie besonders leicht zu transportieren und aufzustellen sind. Ihre Haltbarkeit wird mit den Eisenmasten verglichen, und hier wie auch in anderen Arbeiten wird darauf hingewiesen, wie wichtig die Tränkung nach völlig fertiger Bearbeitung (Herstellung sämtlicher Einschnitte, Bohrungen u. dgl.) ist. Über die Durchführung der Tränkung finden sich Angaben bei Nowotny[26]) und Escard[27]). Moll[28]) gibt an Hand reichen Beobachtungsmaterials an, daß die mittlere Dauer der Haltbarkeit der Holzmasten dann erreicht ist, wenn mindestens die Hälfte der eingebauten Stangen abgängig geworden ist. Es wäre demnach, da unsere besseren Tränk-

verfahren eine mittlere Dauer von 16 bis 22 Jahren ergeben, die geringste Zeit der Beobachtung vor Abgabe von Urteilen auf 16 Jahre zu setzen. Ein reichhaltiges Literaturverzeichnis ergänzt die Angaben.

In wie großem Maße schon die Eisenbetonmasten zur Einführung gelangt sind, zeigt eine Arbeit[29]), in der ausführlich an Hand von Aufnahmen Einzelheiten über die einfache und billige Herstellung von eisenarmierten Masten in der Nähe der Verwendungsstelle berichtet wird. Ungefähr 25000 solcher armierten Betonmasten wurden in den Jahren 1910, 1911 und 1912 in Toronto, Kanada, hergestellt.

Schaltanlagen, Schalter, Sicherungen.

Ölschalter. Um die Ursachen der bei Ölschaltern auftretenden Störungen zu ermitteln, hat die Vereinigung der Elektrizitätswerke eine von Wunder[30]) bearbeitete Umfrage veranstaltet, die zeigt, daß eine große Anzahl der Schalter, die kleiner sind, als es den Richtlinien des VDE entspricht, ohne Störungen funktionierten. Allerdings traten von den fünf beobachteten schweren Ölbränden vier an Schaltern auf, die den neuen Richtlinien nicht entsprechen. Pfiffner[31]) findet in diesen neuen Richtlinien Unstimmigkeiten, die durch Verwendung des Kurzschlußstromes an Stelle der in den früheren Bestimmungen enthaltenen Kurzschlußleistung getreten sind. Er findet, daß nicht genügend zum Ausdruck kommt, daß die Abmessungen der Schalter mit der Spannung steigen müssen. Auch das American Institute of El. Eng. beschäftigt sich mit Normen für Ölschalter[32]) und bespricht besonders eingehend in einer Diskussion[33]) die Frage, ob Schalter mit induktiven oder einfachen Widerständen günstiger sind.

Sicherungen. Faure[34]) untersucht die Frage ihres Verhaltens bei Wechselstrom und findet, daß der Grenzstrom für Wechselstrom niedriger ist als für Gleichstrom, daß aber die Zeitkonstanten bei den gebräuchlichen Sicherungem so hoch liegen, daß die Schmelzkurven für Gleich- und Wechselstrom zusammenfallen.

Eine Vorrichtung zum gleichzeitigen Prüfen einer größeren Zahl Sicherungen, die sowohl die Erwärmung als auch die Dauer der Belastung zu ermitteln gestattet, wird von Dorsey[35]) beschrieben.

Leitungen in Gebäuden.

Vorschriften. Daß noch in verschiedenen nicht unwichtigen Punkten keine Übereinstimmung bei den Installationsvorschriften von Deutschland, Amerika und England herrscht, zeigt eine Gegenüberstellung in Tabellenform von Eisenmenger[36]), ebenso eine auf Amerika, Deutschland, England, Österreich, Italien, Schweiz, Schweden, Rußland ausgedehnte Tabelle der verlangten Isolationswiderstände. Kurven geben einen Überblick über die zulässigen Belastungs- und Schmelzstromstärken der Drähte sowie über die Gewichte der in den verschiedenen Ländern üblichen Rohre bei verschiedenen Durchmessern.

Schalter. Um die Schalter und Stecker in den Dosen unter Putz ohne Schrauben zu befestigen, wird von Schneider[37]) als weitere Klemmvorrichtung die Verwendung von Klemmpratzen empfohlen, die einen Halt an dem Bajonettrand der Versenkdosen erhalten und so ein leichtes Auswechseln der Schalter usw. gestatten.

Einen Öldrehschalter, dessen Schaltteile unter Öl stehen und der schräg zum Rohrende sitzt, so daß seine das Rohrende abschließende Ölfüllung verhindert, daß Entzündungen oder Dämpfe aus dem Rohrsystem in den Schalter gelangen, bringen die Bergmann El.-W.[38]).

Öfters werden Beschädigungen von Vieh in Ställen mit Eisenkonstruktionen durch Erdschlüsse beobachtet, da infolge der in der Regel schlechten Erdung des neutralen Leiters die Sicherung nicht zum Ansprechen gebracht wird, und dann Spannungen von mehr als 40 V gegen Erde auftreten können, die schon nach kurzer Zeit tödlich wirken. Um von der Güte der Erdung unabhängig zu sein, hat das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk

eine Schutzschaltung[39]) ausgearbeitet, welche den neutralen Leiter isoliert verwendet und sich eines durch den Fehlerstrom betätigten Schutzschalters bedient, der die Leitung bei auftretenden Fehlern abschaltet und kurzschließt.

[1]) G. W. Meyer, Helios 1914, S 63. — [2]) Welbourn, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 560. — [3]) Déthiollaz, Lum. él. R 2, Bd 25, S 41, 474. — [4]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 92. — [5]) Peek, Sandford u. Thomas, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 1641. — [6]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1525. — [7]) Austin, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1863. — [8]) Crawford, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1159. — [9]) Claypoole, El. World Bd 63, S 872. — [10]) Buck, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 227. — [11]) Collbohm, El. World Bd 63, S 871. — [12]) Siemens-Schuckertwerke, Helios 1914, S 272. — [13]) Peek, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1877. — [14]) Woodbury, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1359. — [15]) Mitchell, ETZ 1914, S 781, 820. — [16]) Nims, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1147. — [17]) Trotter, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 656. — [18]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1447. — [19]) Gen. El. Co., El. World Bd 63, S 894. — [20]) J. Schmidt, Helios 1914, S 285. — [21]) Edison Co., El. World Bd 63, S 154. [22]) Binswanger, Mitteil. d. Vereinig. d. El.W. 1914, S 464. — [23]) Helios 1914, S 707. — [24]) VDE, ETZ 1914, S 1109. — [25]) Coombs, El. World Bd 64, S 568. — [26]) Nowotny, El. Masch.-Bau 1914, S 677. — [27]) Escard, Lum. él. R 2, Bd 25, S 806. — [28]) Moll, Helios 1914, S 322. — [29]) El. World Bd 63, S 147. — [30]) Wunder, ETZ 1914, S 1095. — [31]) Pfiffner, ETZ 1914, S 938. — [32]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1913, S 2073. — [33]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 299. — [34]) Faure, El. Masch.-Bau 1914, S 629. — [35]) Dorsey, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 223. — [36]) Eisenmenger, El. World Bd 64, S 1099. — [37]) Schneider, ETZ 1914, S 537. — [38]) Bergmann El. W., Helios 1914, S 1492. — [39]) Rhein.-Westfäl. El. W., ETZ 1914, S 102; ETZ 1914, S 400.

Überspannungen, Störungen, Gefahren, Korona.

Von Prof. Dr.-Ing. W. Petersen.

Überspannungen. Die Folgen der lebhaften, fast etwas einseitig zu nennenden Beschäftigung mit den Wanderwellen sind besonders in der Patentliteratur festzustellen. Die wichtigsten der Neuanordnungen bezwecken die Ausnutzung von Widerständen in Verbindung mit Drosselspulen und Kondensatoren zur Vernichtung von Wanderwellen. Als Vorläufer dieser Anordnungen ist die Camposspule zu nennen, welche aus der Parallelschaltung einer Drosselspule und eines Ohmschen Widerstandes besteht. Sie ist in der Lage, die bei Ein- und Ausschaltvorgängen und Leitungsfehlern auftretenden Thomsonschen Schwingungen und Wanderwellen zu beherrschen. Auf ihre eigenartigen Vorzüge, insbesondere auch auf die Möglichkeit des Ersatzes von Schutzschaltern durch einfache Schalter und Camposspulen, hat Biermanns[1]) in einer Arbeit hingewiesen, in welcher eine Reihe von Fragen der Dämpfung durch Parallel- oder Reihenwiderstände erschöpfend behandelt werden. Von Rüdenberg[2]) stammt eine eigenartige Schutzschaltung, in welcher zu Kondensator und Drosselspule in üblicher Anordnung Widerstände parallel zu der Drosselspule oder in Reihe mit der Kapazität treten. Werden die Widerstände dem Wellenwiderstand der mit dieser Schutzanordnung versehenen Leitungen angepaßt, so gelingt es, bedeutende Teilbeträge der einziehenden Wellen zu vernichten. Die ausschließliche Verwendung von Schutzdrosselspulen oder Kondensatoren oder der Verbindung beider sichert zwar die hierdurch geschützten Apparate gegen Sprungwellen, jedoch werden die auftreffenden Wellen, gegen welche die Schutzanordnung sichert, ohne Einbuße ihres Energieinhaltes zurückgeworfen. In der Rüdenbergschen Anordnung wird die auftreffende Welle teilweise zurückgeworfen, teilweise vernichtet.

Mindestens die gleiche Wichtigkeit besitzen die Widerstandsschaltungen, in denen der Hauptnachdruck auf die Dämpfung der Eigenschwingungen der Schutzkondensatoren gelegt wird. Im Zusammenhang mit diesen unter anderem bei nahegelegenen Erd- und Kurzschlüssen zustande kommenden Eigenschwin-

gungen ist ein störendes Durchschmelzen der Kondensatorsicherungen zu beobachten. Nach Fischer genügt in den meisten Fällen schon die Reihenschaltung eines verhältnismäßig geringen Widerstandes mit der Schutzkapazität, um diese Schwingungen genügend zu dämpfen. Gleiche Wirkungen hat die Widerstandsüberbrückung einer vor der Schutzkapazität liegenden Drosselspule.

Die Frage nach der Höhe des Schutzwertes der Blitzseile fand ihre Beantwortung durch Arbeiten von Pfiffner[3]) und Petersen[4]). In Übereinstimmung mit praktischen Erfahrungen wird der rechnerische Nachweis geliefert, daß die Schutzwirkung je nach Anordnung und Zahl der Schutzseile zwischen 30 und 60% liegt, d. h. von den möglichen atmosphärischen Überspannungen 30 bis 60% von der geschützten Leitung ferngehalten werden. Bei den großen Leitungshöhen moderner Hochspannungsleitungen sind für die Erzielung eines wirksamen Schutzes mindestens 2, besser 3 Schutzseile nötig.

Zu einer Erweiterung unserer Kenntnisse über Schaltvorgänge führte die Entdeckung der Rückzündungs-Überspannungen[5]). Die Unterbrechung des Ladestromes einer Leitung oder einer Kapazität erfolgt mit großer Regelmäßigkeit in dem Augenblick, in welchem der Strom durch Null hindurchgeht, in welchem also auf der abgeschalteten Leitung oder Kapazität der volle Scheitelwert der Spannung ruht. Die abgeschaltete Leitung behält diese Spannung als Gleichspannung bei, während die Spannung vor dem Schalter dem periodischen Verlauf der Netzspannung gehorcht. Infolgedessen bilden sich zwischen den Schalterkontakten Spannungsunterschiede bis zu dem doppelten Scheitelwert der betriebsmäßigen Spannung aus, so daß selbst bei sehr raschen Schaltbewegungen Rückzündungen erfolgen, d. h. Schaltvorgänge mit der doppelten Spannung sich abspielen. Dementsprechend ergeben sich unter den einfachsten Bedingungen bereits Überspannungen dreifacher Höhe gegenüber den Überspannungen in doppelter Höhe bei Einschaltvorgängen.

Sehr viel Staub wirbelte eine von Prehm[6]) gegebene Zusammenstellung über die Betriebserfahrungen einer Überlandanlage von 15000 V auf, in welcher innerhalb kurzer Zeit über 10% der Transformatoren und Kondensatoren zugrunde gingen. Mit welcher Vorsicht derartige Mitteilungen von Betriebserfahrungen zu behandeln sind, erhellt aus der Tatsache, daß die fragliche Anlage mit einpoligen, voneinander unabhängigen (!) Ölschaltern ohne Vorkontakte versehen ist — ein Umstand, der allerdings in dem Aufsatze nicht erwähnt worden war.

Wie schwierig überhaupt die Beurteilung ähnlicher Fragen liegt, weist ein Vortrag von Petersen[7]) nach. Es gibt kaum einen Überspannungsvorgang, welcher nicht bei näherer Betrachtung in einer Reihe verschiedener, zum Teil sich überdeckender, zum Teil aufeinander folgender Einzelvorgänge zerfällt. In der Regel löst eine Störung zunächst sehr rasch verlaufende Wanderwellen-Vorgänge aus, welche in der Regel nur die Nachbarschaft betreffen. Auf diese sehr kurzzeitigen Überspannungen folgen Thomsonsche Schwingungen, die ihrerseits wiederum durch Vorgänge, welche in der Hauptsache durch die Eigenschaften der Transformatoren und Maschinen bestimmt werden, abgelöst werden. Nur die genaueste Kenntnis aller, auch der kleinsten Einzelheiten einer Anlage gestattet, Rückschlüsse zu ziehen, denen aber jederzeit noch eine gewisse Unsicherheit anhaftet, weil die Deutung mancher Vorgänge, wie z. B. die der Lichtbogenschwingungen, noch in den ersten Kinderschuhen steckt.

Für die Aufgabe der Überbrückung der Stromwandler durch Widerstände gibt Gewecke[8]) eine schöne Lösung. Nach seinen Messungen hängt der spezifische Widerstand von Silit vom Spannungsgradienten ab. Dementsprechend werden als Überbrückungswiderstände flache Silitscheiben verwendet, welche unter der Betriebsspannung des Stromwandlers einen verhältnismäßig hohen, die Meßgenauigkeit nicht störenden Ohmschen Widerstand besitzen. Unter dem Einfluß hoher Sprungspannungen sinkt dieser Widerstand auf wenige Prozent ab, so daß Wanderwellen strörungsfrei am Stromwandler vorbeigeleitet werden können.

Irrströme. Auf Grund der auf Veranlassung des Bureau of Standards von Mc Collum, Logan[9]) und Rosa[10]) in Springfield (Ohio) durchgeführten Untersuchungen wird der Schluß gezogen, daß die Oberflächenisolation, isolierte Rohrverbindungen und die unmittelbare Verbindung der Rohrstränge mit den Schienen oder mit negativen Rückleitungen im allgemeinen die Elektrolyse der Rohre nicht genügend verhindert, und zwar besonders dann, wenn in den Gasleitungen viele isolierte Rohrverbindungen eingebaut sind. Unmittelbar schädlich ist in diesem Fall die Verwendung von negativen Rückleitungen, welche mit der Rohrleitung verbunden sind — eine Tatsache, die man übrigens als bekannt voraussetzen dürfte. Die unmittelbare Verbindung isolierter negativer Rückleiter mit der Schiene ist besonders beim Vorhandensein vieler isolierter Rohrverbindungen das wirksamste Schutzmittel gegen das Zerfressen der Rohre. Auf die Wirtschaftlichkeit besonderer Rückleitungen (kleinerer Spannungsabfall, Stromersparnis) wird hingewiesen.

Lubowsky[11])[12]) teilt eine Reihe von Versuchsergebnissen über die Widerstandszunahme von bewehrtem Beton während des Abbindens sowie unter der Dauerbeanspruchung durch Gleich- und Wechselstrom mit. Auf Grund dieser Widerstandsmessungen folgert Lubowsky, daß die Gefahr der elektrischen Korrosion von bewehrtem Beton stark überschätzt und übertrieben worden ist. Sehr interessant ist die Feststellung einer EMK im „Betonsekundärelement" Eisen-Beton-Eisen, welche etwaige Messungen der Spannungsverteilung in Bauten aus armiertem Beton fälschen kann. Für Betongebäude sind Irrströme zu vernachlässigen, dagegen bei Brücken zu berücksichtigen.

Gefahren, Unfälle, Schutz. Ebenso wie in früheren Jahren teilt Vogel[13]) aus dem Reichtum seiner praktischen Erfahrungen eine Reihe von nicht hoch genug einzuschätzenden Ratschlägen zur Verhütung von Unfällen mit. Aus der Fülle seiner Anregungen können wir hier nur wenige herausgreifen. Dem Schutz der Leitungen an den Einführungsstellen bei Maschinen, Apparaten und Meßinstrumenten sollte ganz besondere Sorgfalt zugewendet werden; am besten wäre eine dahin zielende Vorsorge bei der Fabrikation. Für Einrichtungen, welche unter rauhen Betriebsbedingungen arbeiten, ist vielleicht die Herabsetzung der Spannung auf 70 V (40 V Sternspannung) der sicherste Ausweg. Besonderer Wert ist auf die zuverlässige Erdung beweglicher Apparate mit Metallgehäusen über den Erdungsmantel der Zuleitungen und auf dessen Steckeranschluß zu legen. In Übereinstimmung mit der neueren Praxis verwirft Vogel die Schutzschranken, an deren Stelle unbedingt Gittertüren zu setzen sind.

Eine wertvolle Ergänzung der Ausführungen Vogels gibt die Zusammenstellung Schroeders[14]) über die Unfälle in elektrischen Betrieben auf den Bergwerken Preußens im Jahre 1912, die als vorbildlich gelten kann. Denn neben der genau ermittelten Unfallsursache gibt Schroeder Fall für Fall die Abhilfemaßnahmen, welche noch durch eine Reihe von Einzelangaben über den Schutz der Fahrdrähte von Grubenbahnen erweitert werden. Das Studium dieser Arbeit kann nicht genug empfohlen werden.

Das gleiche gilt für die Ausführungen der AEG[15]) zur Frage der Erdung und Nullung von Niederspannungsanlagen. Gute, richtig bemessene Erdungen können gegen gefährliche Spannungen schützen, wenn die Erdungen das Abschalten der fehlerhaften Anlagen möglich machen. Einfacher und sicherer ist die Nullung, d. h. die Verbindung aller durch einen Isolationsfehler gefährdeten Metallteile, wie z. B. Beleuchtungskörper usw., mit dem Nulleiter, der in diesem Fall nur in der Transformatorenstation geerdet zu werden braucht. Die Nullung verhindert gleichzeitige Erdschlüsse in zwei verschiedenen Phasen. Sie setzt richtig bemessene und vollkommen betriebssicher verlegte Nulleitungen voraus. Höchstzulässiger Spannungsabfall 30 V bei einem Strome, der zum Schmelzen der Außenleitersicherungen ausreicht. Höchstzulässiger Erdwiderstand der Nulleitererdung 3 Ω. Eine Reihe von Unfallberichten und ausgezeichneten Zahlenbeispielen dient zur Stütze der Abhandlung.

Korona. Farwell[16]) untersucht die Glimmverluste an sehr dünnen Drähten — bis zu einem Durchmesser von 0,0027 cm herab — unter Gleichspannung. Die Erscheinung des Glimmlichtes hängt von der Polarität ab; unter positiver Spannung bildet sich eine zusammenhängende leuchtende Hülle, dagegen entstehen unter negativer Spannung nur einzelne Büschel, deren Zahl von der Spannung und von dem Luftdruck abhängt. Die am dünnsten Drahte beobachtete Festigkeit der Luft lag bei 274 kV/cm gegenüber 31 kV/cm im gleichmäßigen elektrischen Felde. Mit der im letzten Jahrgange mitgeteilten Peekschen Formel stimmen die mit Gleichspannung an Drähten von 0,0027 bis 0,128 cm gemessenen Werte der elektrischen Festigkeit befriedigend überein. Das gleiche gilt für die Abhängigkeit der Festigkeit vom Druck.

[1]) Biermanns, Arch. El. Bd 2, S 217, 327. — [2]) Rüdenberg, ETZ 1914, S 610. — [3]) Pfiffner, El. Masch.-Bau 1914, S 261. — [4]) Petersen, ETZ 1914, S 1. — [5]) Petersen, ETZ 1914, S 697. — [6]) Prehm, ETZ 1914, S 417. — [7]) Petersen, Mitt. d. V. d. E.W. 1914, S 356. — [8]) Gewecke, ETZ 1914, S 386. — [9]) Mc Collum u. Logan, El. World Bd 63, S 441. — [10]) Mc Collum u. Rosa, El. Masch.-Bau 1914, S 216. — [11]) Lubowsky, ETZ 1914, S 16, 33. — [12]) Lippmann u. Lubowsky, ETZ 1914, S 168. — [13]) Vogel, El. Kraftbetr. 1914, S 434. — [14]) Schroeder, El. Kraftbetr. 1914, S 231. — [15]) AEG, ETZ 1914, S 102, 132, 166. — [16]) Farwell, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1693.

IV. Kraftwerke und Verteilungsanlagen.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung. Von Oberingenieur H. Büggeln, Stuttgart. — Kraftquellen. Einrichtungen des Elektrizitätswerks. Von Eugen Eichel, beratendem Ingenieur, Berlin. — Ausgeführte Anlagen. Von Dr. Bruno Thierbach, beratendem Ingenieur, Berlin.

Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätsversorgung.

Von Oberingenieur H. Büggeln.

Das Bestreben, ganz große Kraftwerke zu errichten und die bestehenden Werke nach Möglichkeit zusammenzuschließen, findet in allen Weltteilen immer mehr Anhänger.

Während man in den Vorjahren zu der Überzeugung gekommen zu sein schien, daß die Wirtschaftlichkeit durch größere Maschinenleistungen als etwa 20000 kW nicht mehr erhöht werden könnte, hat man in diesem Berichtsjahre Dampfturbineneinheiten von 30000 kW[1]) sowohl in Deutschland (Rhein.-Westf. Elektrizitätswerk) als auch in Amerika (Edison Co. in Chicago) aufgestellt. Wegen ihrer Größe sei auch die neuzeitliche Riesenanlage am Big Creek[2]) in Amerika erwähnt, die mit 150000 V Übertragungsspannung arbeitet und nach ihrer Fertigstellung 117000 kW leisten wird. Auch große Akkumulatorenbatterien[3]) sind in den letzten Jahren aufgestellt worden, so z. B. im Elektrizitätswerk Dickinson (Manchester) eine solche für 12000 Ah.

Ganz besonders ist in Großbritannien eine Konzentrationsbewegung zu bemerken. Seabrook[4]) schildert die dortige Entwicklung in einem umfangreichen Aufsatz. Er spricht sich über die bestehenden Hemmungen des Fortschritts, die üblichen Tarife, den Belastungsfaktor, die Popularisierung der Elektrizitätsverwertung und die Bestrebungen für ein Zusammenarbeiten der britischen Elektrizitätslieferanten mit den ihr nahestehenden Industriezweigen aus. Gerade in dem letzten Abschnitt werden die Gegensätze zwischen der kommunalen Elektrizitätsversorgung, der fabrizierenden Elektrizitätsindustrie und den Installateuren interessant geschildert.

In England bieten die Verhältnisse von Groß-London besonderes Interesse. Nach den Angaben von Merz und Mc Lellan[5]), die im Auftrage des Londoner Grafschaftsrates Untersuchungen angestellt haben, bestehen in Groß-London

gegenwärtig 65 Unternehmungen mit 70 Werken und 585 Maschineneinheiten, während zukünftig 10 Einheiten zu je 50000 kW in einem einzigen Kraftwerk vorgeschlagen werden. Die zu erwartende Verbesserung der Wirtschaftlichkeit wird in dem Bericht durch zahlreiche Kurven und Zahlen erläutert. An anderer Stelle[6]), an der ein Bericht über eine grafschaftliche Beratung wegen Übernahme der Londoner Elektrizitätsunternehmungen enthalten ist, wird das Problem des Zusammenschlusses als sehr schwierig geschildert.

Auch Klingenberg[7]) befaßt sich mit der Londoner Frage in einem Aufsatze, von dem englische und sonstige ausländische Fachzeitschriften längere Auszüge bringen. Er gibt eine Methode an, um den Wert des Ausnutzungsfaktors, der neben Anlagekosten, Kapitalverzinsung und anderen Faktoren für die Höhe des Strompreises bestimmend ist, an Hand von Normalbelastungskurven im voraus zu berechnen. Diese Regeln wendet er auf die Elektrizitätsversorgung großer Städte an und wählt als Rechnungsbeispiele Berlin, Chicago und London.

Was für bedeutende wirtschaftliche Werte durch Zersplitterung der Erzeugungsanlagen innerhalb der letzten 10 Jahre vergeudet worden sind, weist Thierbach[8]) an Hand der Verbandsstatistik nach. Er befürwortet die Schaffung einer Zentralstelle, die der planlosen Zersplitterung vorbeugen soll, und berechnet für Deutschland eine jährliche Ersparnis von 3,68 Mill. M, wenn der Bau von Werken unter 500 kW Zentralenleistung vermieden wird.

Neben den Vorschlägen, die Wirtschaftlichkeit durch Zusammenschluß elektrischer Unternehmungen zu fördern, in welcher Beziehung auf die Veröffentlichung von Ramier[9]) hingewiesen werden möge, fehlt es auch sonst nicht an anderen Verbesserungsvorschlägen. Ludin[10]) tritt für vermehrte Abnahme von Nachtstrom für Wasserversorgungen ein, während Rittershaussen[11]) den Ausnutzungsfaktor durch Warmwasserapparate für dauernde Stromzuführung verbessern will. Beckmann und Heisig[12]) empfehlen zur Verbesserung des Belastungsfaktors die Anschaffung von Anschlußbatterien, die zu Zeiten der geringsten Belastung geladen werden. An die BEW sind gegenwärtig 54 solche Anlagen angeschlossen mit einer Aufnahmefähigkeit von 14400 kWh. In einer Hotelanlage in Berlin werden jährlich 16,6% der früheren Stromkosten gespart, welcher Prozentsatz durch Mitversorgung eines Nebengebäudes auf 19% gesteigert werden soll. Beckmann[13]) weist ferner auf die Bedeutung des Elektromobils für die Hebung der Wirtschaftlichkeit hin und macht statistische Angaben über die augenblickliche Verbreitung der verschiedenen Wagensysteme in Europa und insbesondere in Deutschland. Sodann bringt er vergleichende Kurven von den Strom- und Benzinpreisen in den Jahren 1906 bis 1913. Während in Amerika etwa 18000 Last- und 34000 Luxuswagen für rd. 31 Mill. M Elektrizität verbrauchen, liefern die BEW in 15 Ladestationen jährlich etwa 10 Mill. kWh. An anderer Stelle[14]) werden Einzelheiten über die Verwendung von Elektromobilen in England und Amerika mitgeteilt und dabei Angaben über den Strombedarf eines Wagens des Elektrizitätswerkes Blackburn sowie über Geha-Dreirad- und Vierradwagen, letztere von 1 t Tragfähigkeit, gemacht. Auch Steinmetz[15]) macht Angaben über die Stromkosten des Elektromobilbetriebes. Schulze[16]) berichtet schließlich über die Verwertung der Abwärme in Kraftwerken und erläutert seine Ausführungen über Heizanlagen, besonders über Vakuum-Abdampf-Fernwarmwasserheizungen, durch zahlreiche Berechnungen, Kurven, Abbildungen und Pläne.

Ein Faktor, der sehr zur Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens beitragen kann, ist der Leistungsfaktor der Anlage. Je mehr kleine Motoren mit durchschnittlich geringer Belastung verwendet werden, desto ungünstiger wird die Phasenverschiebung, so daß beispielsweise bei landwirtschaftlichen Überlandwerken oft nur ein $\cos \varphi = 0{,}6$ und noch kleiner erreicht wird. Während man eine Phasenverschiebung in umgekehrtem Sinne (die Stromstärke eilt der Spannung voraus), wie sie z. B. in sehr langen Überland-

leitungen auftritt, durch Einbau von Synchronkondensatoren zu beseitigen sucht, werden für die Verbesserung des Leistungsfaktors in unseren normalen Hochspannungsanlagen zahlreiche beachtenswerte Vorschläge gemacht. Es sei hier auf die Arbeiten von Fuhrmann[17]) und G. W. Meyer[18]) hingewiesen. Besonders die Arbeiten des letzteren sind sehr gründlich und enthalten einen besonders guten Überblick auch über die im Auslande gemachten Erfahrungen. Von ausländischen Berichterstattern, die diesen Gegenstand behandeln, seien hier Arno[19]) und Barbagelata[20]) erwähnt.

Tarife. Wesentlich neue Mitteilungen bringen diesmal in der Hauptsache die englischen Zeitschriften. Vor allem haben die Arbeiten von Seabrook[21]) und Bowden[22]) längere Erörterungen[23]) zur Folge gehabt. Es handelt sich insbesondere um den „Point Fives"-Tarif, den Seabrook bereits in seiner anfangs angeführten Arbeit[4]) erwähnt. Dieser Tarif verdankt seinen Namen dem Verein „Point Fives", der sich aus britischen Elektrizitätswerksleitern zusammensetzt. Seabrook nennt den Tarif in seiner Arbeit „rateable value tarif". Er wird hauptsächlich für Wohnungen angewandt und setzt sich zusammen aus einer Grundtaxe, die durchschnittlich 10 bis 15% vom geschätzten Gesamtverbrauch beträgt, und einem Preis für jede verbrauchte kWh. Die zuvor genannte Vereinigung hat sich verpflichtet, den Preis für die kWh nicht höher als $4\frac{1}{4}$ Pf (0,5 d, daher der Name) zu berechnen. Dadurch wird das elektrische Kochen und Heizen so billig wie bei dem Londoner Gaspreise von 9 Pf/m^3. Allerdings können diesen billigen Preis nur solche Werke gewähren, deren Selbstkosten für die nutzbar abgegebene kWh unter $4\frac{1}{4}$ Pf liegen. In der Londoner Vorstadt St. Marylebone betragen die Selbstkosten etwa 2,8 Pf. Der Tarif ist eine Art des Hopkinsonschen Differentialtarifs, der auch in anderer Form in England viel Verwendung findet.

An anderer Stelle[24]) werden Einzelheiten über die Tarife in den Städten Accrington, Barnes, Bradford, Carlisle, Ilford, Luton und Poplar angegeben, während in den vorerwähnten Erörterungen die Vertreter der Städte Admiralty, Norwich, Glasgow, Sheffield, Dundel, Sunderland usw. ihre Erfahrungen in Tarifsachen mitteilen.

Aus anderen Staaten sind keine wesentlichen Neuerungen gegenüber den Vorjahren zu melden. In amerikanischen Zeitschriften sei auf die Arbeiten von Cooper[25]) und Smith[26]) hingewiesen, während Norsa[27]) in französischen und italienischen Zeitschriften über die Tariffrage berichtet.

Von den Veröffentlichungen in den deutschen Zeitschriften sei zuerst die Arbeit von Eisenmenger[28]) erwähnt, der sein schon im Vorjahre in der amerikanischen Literatur behandeltes Vielfachtarifsystem graphisch und analytisch entwickelt. Heumann[29]) schlägt pauschale Sondertarife für nächtliche Schaufensterbeleuchtung unter Verwendung von Umschaltuhren vor und führt Beispiele aus Straßburg und Mülhausen i. E. an. Die Umschaltuhren schalten in den Nachtstunden die in Frage kommenden Lampen unmittelbar in die Hausanschlußleitung vor dem Zähler ein. H. Stafford Hatfield[30]) berichtet über einen neuen Tarifapparat, den Mehrlichtbegrenzer. Das ist eine Art Strombegrenzer, der dem Inhaber unter gewissen Umständen gestattet, zeitweise beliebig viel Strom zu gebrauchen. Dieser Zustand dauert dann jeweils 8 Stunden. Darauf arbeitet der Apparat wieder als Strombegrenzer. Nach einer bestimmten Anzahl von Umschaltungen muß der Mehrlichtbegrenzer vom Werk wieder neu eingestellt werden. Simon[31]) tritt warm für Pauschaltarife bei Verwendung von Spitzenzählern ein. Laudien[32]) behandelt in einem längeren Aufsatze Tarife mit Spitzenzählern, Relaiszählern und Überschreitungszählern. Er beschreibt ein neues Relais und seine Verwendung für einen von Hand umschaltbaren Relais- und Überschreitungszähler. Die inhaltreichste Arbeit stammt von Siegel[33]), der die Tarife von Deutschland, Österreich, der Schweiz, Frankreich, Holland, England, Schweden und den Vereinigten Staaten behandelt. Siegel weist darauf hin, wie in jedem einzelnen Lande die besonderen wirtschaftlichen, kulturellen, klimatischen und geographischen Verhältnisse auf die Tarif-

gestaltung ihren Einfluß ausüben. Umgekehrt geben die Tarife ein Spiegelbild von dem Umfang und der Bedeutung der elektrischen Energieversorgung eines Landes. Es sei auch noch ein sehr beachtenswerter Aufsatz von Arbeiter[34]) erwähnt, der fast alle augenblicklich bestehenden Tarife von Bedeutung ausführlich behandelt.

Erweiterungen des Absatzgebietes der Elektrizitätswerke. Das beste Mittel für die Erweiterung des Absatzgebietes ist unter gewissen Umständen die Herabsetzung der Strompreise, ganz besonders dann, wenn man industrielle Abnehmer gewinnen will. In dieser Hinsicht sind die Arbeiten von Straus[35]) und Büggeln[36]) von Interesse, da sie viele falsche Voraussetzungen beseitigen, die durch die bedrängten Erzeuger und Verkäufer von Wärmekraftmaschinen noch genährt werden und oft auch dort zur Beschaffung einer Einzelanlage führen, wo der Anschluß an ein Kraftwerk bedeutend wirtschaftlicher wäre. Anderseits warnt Wikander[37]) mit vollem Recht vor einer weiteren Herabsetzung der Strompreise für Wohnungsbeleuchtung, was schon mit Rücksicht auf die anhaltende Verbesserung der Lampen nicht ratsam ist. Nicht der zu hohe Strompreis ist schuldig daran, daß die ärmere Bevölkerung noch vielfach das ausländische Petroleum brennt, sondern die Höhe der Einrichtungskosten. Hier soll man helfend eingreifen und den Strombezug und die Strombezahlung auf alle nur mögliche Art zu erleichtern suchen. Deshalb wird vielfach die Einführung von Münzzählern, Miets- oder Leihinstallationen u. dgl. empfohlen. Die Geschäftsstelle für Elektrizitätsverwertung[38]) teilt die Ergebnisse mit Münzzählern aus 13 Werken mit. Gruber[39]) veröffentlicht den Inhalt von 207 Antworten, die er auf eine Umfrage erhalten hat. Es zeigt sich, daß die Ansichten über Münzzähler noch recht weit auseinandergehen, obwohl die Ergebnisse im allgemeinen günstig sind. Aber die Apparate leiden noch an einer allzu großen Empfindlichkeit, die sich besonders bei Verwendung ungeeigneter Münzen zeigt. Sehr günstige Erfahrungen hat das Elektrizitätswerk Straßburg[40]) mit Münzzählern und Mietsinstallationen gemacht. Das Ergebnis wird durch 3 Tabellen erläutert. Auch auf die sehr umfangreiche Arbeit von Klein[41]) sei hier hingewiesen, der reichhaltige statistische Angaben und Tabellen mit den Ergebnissen von Leihinstallationen u. dgl. von 34 Werken veröffentlicht.

Die ständige Verbesserung der Heiz- und Kochapparate trägt ebenfalls zur Erweiterung des Absatzgebietes bei. Perlewitz[42]) beschreibt die Einrichtungen und Betriebskosten der elektrischen Großküche bei den SSW in Berlin-Siemensstadt. Ferner werden aus England, wo der obenerwähnte „Point Fives"-Tarif das Kochen sehr begünstigt, interessante Angaben[43]) über eine elektrische Küche gemacht und die Ergebnisse von 55tägigem Kochen denen einer 55tägigen Kochperiode mit Koks und Gas gegenübergestellt. Hierbei stellt sich trotz Erhöhung der Leistungsfähigkeit der elektrischen Küche um 40 bis 50% bei letzterer eine jährliche Ersparnis von rd. 1500 M heraus.

Von größter Bedeutung ist auch eine gute Propaganda. Hierin wird besonders in Amerika viel geleistet. Carpenter[44]) teilt beispielsweise mit, daß die Edison El. Illuminating Co., Boston, ein kommerzielles Inspektionsbureau eingerichtet hat, das von Zeit zu Zeit Sachverständige zu den Stromabnehmern entsendet, um sie zu beraten.

Elektrizität und Verwaltung. Ein heftiger Streit ist darüber entbrannt, ob Privatwerke oder kommunale Werke für die Allgemeinheit vorteilhafter sind, oder ob das sog. gemischtwirtschaftliche System den Vorzug verdient. Der Hauptvertreter des letzteren Systems ist der Beigeordnete der Stadt Straßburg, Regierungsrat Dr. Leoni[45]), der inzwischen den Heldentod gestorben ist. Sein Vortrag auf dem IV. Deutschen Städtetage zu Köln hat berechtigtes Aufsehen erregt und ist nicht ohne Widerspruch geblieben. Es sei hier auf die Entgegnungen von Laudien[46]), Peucker[47]) und Döpke-Overmann[48]) verwiesen.

Auch in Berlin spielt die Frage, welches Verwaltungssystem in Zukunft gewählt werden soll, eine große Rolle. Während gerade hier das gemischt-

wirtschaftliche System von vielen durchaus fachkundigen Kreisen als das vorteilhafteste angesehen wird, sind auch manche Gegner vorhanden, die eine Verstadtlichung unbedingt befürworten. Einer der Hauptvertreter dieser Gruppe ist Schiff[49]), dessen Ausführungen jedoch selbst von der Schriftleitung der ETZ nur mit Widerspruch aufgenommen worden sind. Majerczik[50]) tritt für Privatunternehmungen ein und sucht statistisch nachzuweisen, daß solche durchschnittlich mit höheren Konsumzahlen arbeiten als Kommunalwerke. Diese Angaben sucht Pietzsch[51]) zu widerlegen, und er sagt den Kommunalwerken bei richtiger Leitung eine ebenso gute Wirtschaftlichkeit nach. Andere Berichterstatter, insbesondere Witt[52]) und Thierbach[53]) in Deutschland sowie Vignoles[54]) in England, vertreten den Standpunkt, daß die Wirtschaftlichkeit kommunaler Betriebe durch Einführung der kaufmännischen Verwaltung verbessert werden kann, und stützen ihre Behauptungen auf verschiedene Beispiele. So hat sich die kaufmännische Verwaltung in den städtischen Betrieben Bielefelds seit 1912 vorzüglich bewährt.

Die sehr wichtige Frage der Elektrizitätsversorgung ist in diesem Berichtsjahre auch in den verschiedenen Staaten weiter erörtert worden. Sowohl Laas[55]) als auch Heumann[56]) berichten über die Erlasse im Großherzogtum Baden und die von der Regierung herausgegebenen Musterverträge. Ferner finden wir Berichte über die Gesetzentwürfe im Fürstentum Lippe[57]), die im wesentlichen dem Telegraphen-Wegegesetz entsprechen, während der Entwurf für Mähren den gemischt-wirtschaftlichen Betrieb mit rein kaufmännischer Verwaltung begünstigt, worüber Krasny[58]) und Niethammer[59]) berichten. In der Schweiz[60]) macht die Verstaatlichung immer weitere Fortschritte. In Bayern[61]) dagegen werden private Unternehmungen, an denen sich die Gemeinden beteiligen können, befürwortet. Schreiber[62]) berichtet über den Entwurf eines österreichischen Gesetzes. In Norwegen[63]) bestehen jetzt zwei Gesetze, ein Enteignungsgesetz und ein Konzessionsgesetz. Auch in China[64]) sind Bestrebungen im Gange, die Elektrizitätsversorgung zu vereinheitlichen. Die Engineering Society of China hat zu diesem Zwecke einen Sonderausschuß gewählt, der sich aus Vertretern verschiedener Nationen zusammensetzt. Es soll allgemein Drehstrom mit 440/250 V bei einer Frequenz = 50 oder 60 in den Niederspannungsnetzen verwendet werden, für die Verteilung dagegen 2200 V, 3300 V, 6600 V usw. Die Leitungsverlegung soll durchweg, auch in Städten, oberirdisch erfolgen. Selbst die Malayenstaaten[65]) haben bereits ein Elektrizitätsgesetz. Hier erteilt die Regierung die Konzession an Private und sichert sich ein Ankaufs- bzw. Heimfallsrecht.

Von denen, die die aktive staatliche Mitwirkung wünschen und sich hiervon allein eine Klärung bestehender Unstimmigkeiten und Unsicherheiten versprechen, sei schließlich Kübler[66]) erwähnt. Er vertritt die Ansicht, daß die Starkstromlinien nicht weniger gemeinnützig sind als Eisenbahnen und Wasserstraßen.

[1]) El. Anz. 1914, S 297. — [2]) El. World Bd 63, S 33; Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1389. — [3]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 512. — [4]) Seabrook, ETZ 1914, S 785. — [5]) Merz u. Mc Lellan, ETZ 1914, S 963. — [6]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 362. — [7]) Klingenberg, ETZ 1914, S 81, 119 u. 149. — [8]) Thierbach, ETZ 1914, S 447. — [9]) Ramier, El. World Bd 63, S 562. — [10]) Ludin, El. Masch.-Bau 1914, S 572. — [11]) Rittershaussen, Das Elektrizitäts-Werk 1914, S 116. — [12]) Beckmann u. Heisig, ETZ 1914, S 884. — [13]) Beckmann, ETZ 1914, S 1053, 1066. — [14]) ETZ 1914, S 892. — [15]) Steinmetz, El. World Bd 63, S 241. — [16]) Schulze, Mitt. der V. d. E. 1914, S 369. — [17]) Fuhrmann, El. Anz. 1914, S 572. — [18]) G. W. Meyer, Das Elektrizitäts-Werk 1914, S 159. — [19]) Arno, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 731. — [20]) Barbagelata, Elettr. (Mil.) 1914, S 134. — [21]) Seabrook, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 643. — [22]) Bowden, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 446; El. Rev. (Ldn.) Bd 75, S 33. — [23]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 686; Bd 73, S 362, 457. — [24]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 191. — [25]) Cooper, El. World Bd 63, S 326. — [26]) Smith, El. World Bd 63, S 658. — [27]) Norsa, Bull. Soc. Internat. des El. R 3, Bd 4, S 519;

Elettr. (Mil.) 1914, S 55, 84. — [28]) Eisenmenger, ETZ 1914, S 11. — [29]) Heumann, ETZ 1914, S 160. — [30]) Hatfield, ETZ 1914, S 300. — [31]) Simon, El. Anz. 1914, S 358. — [32]) Laudien, ETZ 1914, S 330. — [33]) Siegel, ETZ 1914, S 813. — [34]) Arbeiter, El. Masch.-Bau 1914, S 487, 507. — [35]) Straus, ETZ 1914, S 593, 616. — [36]) Büggeln, Mitt. V. d. E. 1914, S 280. — [37]) Wikander, El. Anz. 1914, S 374. — [38]) ETZ 1914, S 920. — [39]) Gruber, Mitt. V. d. E. 1914, S 389. — [40]) Mitt. V. d. E. 1914, S 90. — [41]) Klein, Mitt. V. d. E. 1914, S 430, 535. — [42]) Perlewitz, ETZ 1914, S 1026. — [43]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 661. — [44]) Carpenter, El. Rev. (Chic.) Bd 64, S 128. — [45]) Leoni, Technik u. Wirtschaft 1914, S 532. — [46]) Laudien, Technik u. Wirtschaft 1914, S 835. — [47]) Peucker, Mitt. V. d. E. 1915, S 3. — [48]) Döpke-Overmann, Mitt. V. d. E. 1915, S 6. — [49]) Schiff, ETZ 1914, S 438. — [50]) Majerczik, AEG-Ztg., Jahrg. 16, Nr 9. — [51]) Pietzsch, ETZ 1914, S 566. — [52]) Witt, ETZ 1914, S 184. — [53]) Thierbach, El. Kraftbetr. 1914, S 1. — [54]) Vignoles, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 436. — [55]) Laas, Mitt. V. d. E. 1914, S 59. — [56]) Heumann, ETZ 1914, S 301. — [57]) ETZ 1914, S 364. — [58]) Krasny, El. Masch.-Bau 1914, S 286. — [59]) Niethammer, ETZ 1914, S 534. — [60]) ETZ 1914, S 715. — [61]) ETZ 1914, S 891. — [62]) Schreiber, ETZ 1914, S 921. — [63]) ETZ 1914, S 472. — [64]) ETZ 1914, S 453, 657. — [65]) ETZ 1914, S 569. — [66]) Kübler, ETZ 1914, S 289.

Kraftquellen.

Von Eugen Eichel.

Wasserkraft.

Eine ähnlich umfassende historisch-praktische Arbeit über Windkraftwerke und Ausnutzung der Sonnenwärme, auch weitere Nachrichten über die praktische Kraftausnutzung von Ebbe und Flut, wie sie in den Jahren 1912 und 1913 erschienen, kamen im Berichtsjahr 1914 nicht zur Veröffentlichung. Es hat dagegen der praktische Ausbau der Wasserläufe natürlichen Gefälles wiederum erhebliche Fortschritte gemacht. Fast allgemein verlangen allerdings die Wasserkraftwerke außer Wasserspeichereinrichtungen meist sehr hoher Anlagekosten, eine zum Teil nicht unerhebliche Reserve an Kraftanlagen thermischen Ursprungs. Hierdurch wird die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage zum Teil derart in Frage gestellt, daß unter den jetzigen Wirtschaftsverhältnissen der Ausbau vieler Wasserkräfte als wenig empfehlenswert angesehen werden muß.

Amerika. Ein großer Teil der Elektro-Wasserkraftwerke und der Wasserkräfte, welche sich im späteren Ausbau zu Elektrokraftwerken eignen, ist im Besitze weniger, aber sehr kapitalkräftiger Gruppen. Die Regierung hat gesetzliche Maßnahmen vorbereitet, um Wasserkraftmonopole zum Schaden der Allgemeinheit zu verhindern. Der amerikanische Staat baut bekanntlich selbst sehr leistungsfähige Talsperren, besonders im Westen und Nordwesten, welche ursprünglich der Bewässerung der anliegenden wasserarmen Landstriche dienen, aber in zweckentsprechender Ausnutzung des geschaffenen Wasservorrates konstanten Gefälles auch zur Elektrizitätserzeugung herangezogen werden. Vielfach dient der erzeugte elektrische Strom dazu, eine große Anzahl kleiner elektrischer Pumpwerke zu betreiben, die ihrerseits dazu beitragen, die Geländeflächen zu vergrößern, die durch die so geschaffene künstliche Berieselung der Landwirtschaft oder Obstkultur erschlossen werden.

Seitdem die amerikanische Regierung durch Gesetz vom 17. Juni 1902 grundsätzlich Mittel für die Bewässerung wüster oder halbwüster Ödländereien bewilligte, hat die hierzu geschaffene Behörde, The United States Reclamation Service, nach einem Bericht von Newell[1]) eine große Anzahl bedeutender Talsperren ausgeführt bzw. ihren Bau in Angriff genommen. Die elektrischen Anlagen in Verbindung mit diesen Talsperranlagen leisteten im Jahre 1913 rd. 30000 kW, während sich diese Summe bei fertigem Ausbau aller Anlagen auf über 350000 kW erhöhen soll.

Auch die Wasserkräfte Kanadas werden mehr und mehr zur Erzeugung von Elektrizität herangezogen und die großen, örtlich vorhandenen Naturkräfte durch weitausgedehnte Hochspannungs-Fernleitungsanlagen großen Landflächen dienstbar gemacht; im Nordwesten wie im benachbarten Amerika überwiegend zur Unterstützung der Landwirtschaft auch des Bergbaus, im Osten sowohl der Landwirtschaft wie der Industrie. Am bedeutendsten ist das von den Niagara-Fällen ausstrahlende Fernleitungsnetz der Hydroelectric Power-Commission der Provinz Ontario, welches über 100000 kW Drehstrom mit 110000 V Betriebsspannung auf Streckenlängen von 217 und 145 km überträgt und an die anliegenden Gemeinden und Städte im großen abgibt, diesen wiederum den Kleinvertrieb des elektrischen Stromes aus eigenen Unterwerken und über eigenes Leitungsnetz überlassend.

Italien. Die sonstige Entwicklung der italienischen elektrischen Wasserkraftwerke und Verteilungsanlagen nahm gleichfalls einen sehr befriedigenden Verlauf, wobei sich die Entwicklung durchaus nicht beschränkte auf die Ausnutzung der Wasserkräfte Norditaliens[2]), welche ebenso wie die der Schweiz besonders leicht entwicklungsfähig sind und reiche Stromabsatzmöglichkeiten bieten infolge blühender Industrie und der beabsichtigten Elektrisierung der Vollbahnen. So dienen die in Betrieb gekommenen Anlagen der apulischen Wasserleitung[3]) der allgemeinen Wasserversorgung und Hebung des volkswirtschaftlichen Wohlstandes wichtiger Gebiete des regenarmen Süditaliens.

Schweiz. Die gesamte mittlere Nettoleistung der bestehenden Wasserkraftanlagen beträgt rd. 380000 kW, deren Höchstleistung allerdings das Doppelte der mittleren wirklichen Leistung betragen dürfte. Die Summe der insgesamt verfügbaren Wasserkräfte bei der Annahme dauernder Leistung und eines Wirkungsgrades der Wassermotoren von 75% wird von Ghezzi[4]) auf 1640000 kW geschätzt, falls die verfügbaren Wassermengen durch Staubecken geregelt werden.

Skandinavien. Der schwedische Wasserkraftverein hat eine vorzügliche Karte über die Wasserkraftanlagen Schwedens 1914 herausgegeben. Die mächtigen Kraftquellen der Trollhättan-Fälle werden programmgemäß ausgebaut und dienen zurzeit zwar im wesentlichen der Kraft- und Lichtversorgung von Gothenburg sowie der im Versorgungsgebiet liegenden Industrie, besonders auch der elektro-chemischen und elektro-metallurgischen Industrie, werden aber ihre Hauptausnutzung finden in der beabsichtigten Elektrisierung der Vollbahnen. Auch der Ausbau des Vollbahnkraftwerkes für die Riksgränsenbahn am Porjus-Wasserfall machte Fortschritte[5]).

Die norwegischen Wasserkräfte werden in stets zunehmendem Umfang herangezogen für die elektrochemische und elektrometallurgische Industrie und bilden ebenfalls die Grundlage für die Wirtschaftlichkeit der beabsichtigten Elektrisierung wichtiger norwegischer Vollbahnstrecken um Christiania.

Rußland. Die aussichtsreichen Bemühungen zur Ausnutzung der Wasserkräfte Rußlands und Finnlands, welche für die Versorgung von St. Petersburg mit elektrischem Licht und Kraft für Industrie-, Straßenbahn- und Vollbahnzwecke von größter Bedeutung sind, gerieten naturgemäß ins Stocken. Es handelt sich zunächst um die etwa 120 km von St. Petersburg entfernten Wasserkräfte am Saimasee, deren nutzbare Leistung zwischen 200000 und 300000 kW liegen soll. Auch die wichtigen Pläne eines Elektrowasserkraftwerkes zur Versorgung von Riga in Verbindung mit dem Ausbau der geplanten Ostsee-Schwarzmeer-Wasserstraße im Zuge der Düna und des Dnjepr sind über die Anfangsunterhandlungen nicht herausgekommen. Ähnlich verhält es sich mit den weitschauenden Studien über die Elektrisierung kaukasischer Vollbahnen in Verbindung mit Elektrowasserkraftwerken.

Asien. Nachdem sich die Wasserkraftanlagen am Couvry-Fluß in Kaschmir und der Thaya-Werke Indiens technisch und wirtschaftlich bewährt haben, wird der weiteren Ausnutzung der gewaltigen Wasserkräfte Indiens und der anliegenden Staaten besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Kabul, die Haupt-

stadt von Afghanistan, soll durch Ausbeutung einer 64 km entfernt gelegenen Elektrowasserkraftanlage elektrisch versorgt werden. Die von Bombay und Kalkutta ausstrahlenden Vollbahnen haben durch maßgebende Fachleute die Zweckmäßigkeit prüfen lassen, einen größeren Teil ihrer Strecken unter Vermittelung von Elektrowasserkraftwerken zu elektrisieren. Die sorgfältigen Erwägungen lassen keinen Zweifel darüber, daß die Wasserkraftausbeutung in Verbindung mit der Vollbahnelektrisierung große Ersparnisse und Betriebsvorteile mit sich bringen wird. Auch in Japan macht die Elektrowasserkraftentwicklung bedeutende Fortschritte, besonders in Verbindung mit der Versorgung von Gruben- und Hüttenanlagen sowie Straßen- und Überlandbahnen. Die erste Vollbahnelektrisierung, die Gebirgsstrecke Karuizawa-Yokogawa der Usui-Toge-Bahn (11 km Länge) mit elektrischem Zahnrad-Lokomotivbetrieb, wird allerdings von einem eigenen Dampfturbinenkraftwerk versorgt.

Deutschlands bedeutendste Wasserkraftwerke sind zurzeit bekanntlich die am Oberrhein gelegenen zwischen Augst, Wyhlen und Rheinfelden, mit deren Ausbau im Jahre 1897 begonnen wurde. Das Kraftwerk Wyhlen hat eine Maschinengesamtleistung von 26000 kVA. Eine weitere Entwicklung unterhalb Laufenburgs soll drei Drehstromgeneratoren von je 5200 kVA und sieben von je 6150 kVA bei 6000 bis 6600 V aufnehmen, deren Leistungen mit 47000 und 78000 V fortgeleitet werden[6]). Wie bei den Rheinkraftwerken großer Wassermengen kleinen Gefälles, so wird auch bei der anspruchsloseren Wasserkraftausnutzung der Dhron (»Dhron-Wasserkraftwerk« der Stadt Trier rd. 7500 kVA Gesamtleistung)[7]) trotz des Ausbaues eines Ausgleichbeckens ein Zusammenarbeiten zwischen Dampf- und Wasserkraftwerk angestrebt. Das Elektrizitätswerk Trier ist erwähnenswert als Kommunalunternehmen zur Versorgung von Stadt und Land, Straßenbahn, Wasser- und Pumpwerken und mustergültige Vereinigung gemeinsamer wasserwirtschaftlicher und industrieller Interessen.

Über den Stand der Elektrizitätsversorgung in Bayern ging dem Landtag vom bayerischen Staatsministerium des Innern Ende Dezember 1913 eine besondere Denkschrift zu, in welcher die Wasserkraftwerke eine wichtige Rolle spielen[8]). Die Energieversorgung der Ostprovinzen Preußens, ebenfalls in Verbindung mit ausnutzbaren Wasserkräften, mit Schiffahrtskanälen und Flußregulierungen bildete bereits Ende 1913 den Gegenstand eingehender Besprechungen. Die Bedeutung der elektrischen Kraftversorgung wird nicht nur von den Städten und der Industrie anerkannt, sondern besonders auch von der Landwirtschaft, welche sich aus der angewandten Elektrotechnik eine Verminderung der Leutenot und eine Steigerung ihrer Erträgnisse und Erhöhung des Intensivbetriebes verspricht[9]), schätzt doch Professor Rößler den jetzigen größten Kraftbedarf für die Provinzen Ostpreußen, Westpreußen und Posen auf rd. 175000 kW. Allerdings werden die Elektrowasserkraftwerke des deutschen Ostens als reine Elektrizitätserzeuger nicht wirtschaftlich zu erstellen sein, sondern können höchstens in Frage kommen, wenn es gelingt, die Frage der Elektrisierung zu vereinigen mit der der Regelung der Flußläufe, mit Schiffahrtsinteressen, kurz allen anderen wasserwirtschaftlichen Fragen.

Diese Aufgabe findet sich fast allgemein bei allen Wasserkraftanlagen, selbst so großen wie der Ausnutzung des Rheins und des Mississippi, wo ebenfalls Elektrowerk und Flußregulierung Hand in Hand arbeiten; bei vielen anderen Anlagen, wo Hochwasserregelung und Trinkwasserversorgung, wo Berieselungswässerbedarf oder Abwässerbeseitigung in Frage kommen und nur wirtschaftlich gestaltet werden in Verbindung mit der Elektrizitätserzeugung und der Hebung der anliegenden Gebiete, die wiederum beschleunigt wird durch die Möglichkeit, der Industrie und Landwirtschaft billigen Strom für Kraft- und Lichtzwecke anbieten zu können. Die Schmiegsamkeit und Reinlichkeit des Elektro-Kraftwerkbetriebes ermöglicht es dabei vielfach, das Wasser, nachdem es dem Kraftwerkbetrieb gedient hat, als Trinkwasser auszunutzen. Der Wasserkraftausnutzung stehen öfters hindernd im Wege die hohen Anlagekosten, ohne welche mit einer gleichbleibend hohen mittleren nutzbaren Kraft

nicht gerechnet werden kann, klimatische Betriebsschwierigkeiten, welche den dauernden Wasserkraftbetrieb gefährden, sei es durch zeitweiligen Wassermangel, schwer regulierbare Hochwässer oder Eisgang. Öfters erfordert der Ausbau der Wasserkraft den vorherigen Ausbau guter Landstraßen und die Anlage kleiner Siedelungen für nicht unbedeutende Arbeiterheere, die sich unter Umständen während vieler Monate nahe der Baustelle in unwirtlicher Gebirgsgegend u. dgl. niederlassen müssen. Demzufolge ergibt sich für viele Wasserkraftanlagen die Wirtschaftlichkeit erst nach mehrjährigem Betrieb und vielfach indirekt durch die Verquickung mit dem Grundstückverkauf des durch die Elektrokraftanlage erschlossenen Geländes.

Dampfkraft.

Anders bei Dampfkraftwerken. Die Möglichkeit, mit ziemlicher Genauigkeit auf Jahre hinaus bezüglich der Brennstoffkosten mit bestimmten Zahlen rechnen zu können, rechtfertigt häufig die Kraftwerkserrichtung unter Verwendung fester Brennstoffe. Je nach Betriebserfordernissen kann man auch kleine Anlagen wirtschaftlich vergrößern. Die Wirtschaftlichkeit von Größtanlagen wurde in den letzten Jahren außerordentlich gesteigert. Das Kesselhaus verfeuert nicht nur hochwertige Kohle, sondern auch, ohne größere Schwierigkeiten zu verursachen, minderwertige Kohle, Kohlenabfall, ja auch Industrieabfälle, wie Holz, Sägespäne u. dgl. Die letztgenannten Brennstoffe kommen besonders in Frage in den Gegenden mit reicher Holzindustrie, Sägemühlen u. dgl., wie man sie z. B. im äußersten Nordwesten Amerikas, in Seattle, in Tacoma, in Portland, Oregon, antrifft. Minderwertige Steinkohle und Braunkohle wird vorzugsweise direkt an den Förderstellen im Elektrokraftwerk ausgenutzt und gestaltet die Erzeugungskosten der guten Kohlen und der Braunkohlen-Briketts besonders vorteilhaft. Vielfach kommt jetzt auch in Frage die Vergasung solcher minderwertiger Brennstoffe, sei es in Mondgasanlagen, Sauggasanlagen oder ähnlichen Betrieben, welche es ermöglichen, einen sehr wirtschaftlichen Dampfkesselbetrieb mit Gasfeuerung durchzuführen und aus dem Erlös der aus der Vergasung der Brennstoffe gewonnenen Nebenprodukte reichliche Nebeneinnahmen zu gewinnen. Kesselbefeuerung mit Gasbetrieb findet ja auch reichlich Verwendung in Gruben und Hüttenanlagen, wobei entweder Hochofen- oder Koksofengas als Brennstoff dient. Naturgas wird gern verwendet, wo preiswert, wie in der Nachbarschaft von Petroleumgruben in Amerika, Kanada, Österreich-Ungarn (Galizien und Siebenbürgen), Rußland. Die flüssigen Brennstoffe finden selten in ihrer natürlichen Form Anwendung, sondern meist durch Dampf oder Luftstrahlgebläse zerstäubt. Sie werden in dieser Form nicht nur zur Beheizung der Kessel herangezogen, sondern auch zum Betrieb von Verbrennungsmotoren kleinster Leistung bis zu sehr erheblicher Leistung, wie ja auch die Leistung der Gichtgas- und Hochofengasmotoren bisher ständig zugenommen hat. Die Wirtschaftlichkeit der Gasmotor- bzw. Dampfmaschinenanlage hängt vielfach zusammen mit der Rauminanspruchnahme für Brennstoff-, Verdampf- bzw. Vergasungsanlage und Maschinenhaus, sowie deren Fundamenten. Man muß also verlangen: einen zu mäßigem Preis erhältlichen Brennstoff geringer Rauminanspruchnahme und guter Lagerfähigkeit. Leichtflüssige Brennstoffe werden daher vorzugsweise unter dem Druck eines indifferenten Gases gespeichert, Kohle wird gut ventiliert geschüttet, in einigen Anlagen in großen Betonbehältern unter Wasser aufgehoben, um die Selbstentzündungsgefahr zu verringern und die Heizwertabnahme bei Lagerung in offener Luft zu verhindern. Eine Verbrennungs- oder Vergasungsanlage geringer Erstellungskosten auf mäßiger Grundfläche und hohen Wirkungsgrades (erzielbar durch gute Reinigung der Heizgase, hohe Zerstäubung und gute Erwärmung, Anwendung künstlichen Zuges, großen Regelbereiches und Kessel mit großen Dampfdrücken und Dampfüberhitzungstemperaturen); die Technik ist bemüht, in diesem Sinne die Vergasungsanlagen und Dampfkesselanlagen zu verbessern. Als aussichtsreichste Verbesserung erschien die

Oberflächenverbrennung nach Bone-Schnabel, mit deren praktischem Ausbau sich die Berlin-Anhaltische Maschinenbau-A.-G., Berlin[10]), befaßt, ohne allerdings zurzeit durchgreifende Erfolge erzielt zu haben.

Dank des hohen Wirkungsgrades des maschinentechnischen Teils der Kraftwerksanlagen fällt das Maschinenhaus im Verhältnis zum Kesselhaus außerordentlich klein aus. Man muß die größte Hoffnung auf wirtschaftlichen Fortschritt des Gesamtbetriebes setzen durch Lösung der Aufgabe wirtschaftlicherer Dampf- oder Gaserzeugung. Die Lösung der Aufgabe wird natürlich erleichtert mit der Steigerung der Leistung der Kesselanlage und der zweckentsprechenden Ausnutzung billig erhältlichen Brennstoffes. Hand in Hand mit der Erhöhung des Wirkungsgrades der Kesselhausanlage muß daher gehen die Zusammenfassung möglichst vieler seither einzeln betriebener Kleinanlagen eines Betriebseigentümers; solche sind z. B. Stadt, Gemeinde und Staatsbehörden. Die vielen technischen Einzelbetriebe, wie Wasser-, Gas- und Elektrizitätswerke, Schlachthof-, Kühl- und Badeanstalten, Abwässer- und Müllbeseitigungsanlagen werden daher neuerdings gerne örtlich vereinigt und unterstützen sich gegenseitig wärmetechnisch und wirtschaftlich, liefern sich gegenseitig Dampf und Elektrizität, erzeugt im gemeinsamen Kraftwerk, in dem neben hochwertigem Brennstoff auch Abfallbrennstoffe ausgenutzt werden können. Der elektrische Strom bildet dabei den technisch wertvollen Kraftträger, welcher die einzelnen Betriebe wiederum wirtschaftlicher und leistungsfähiger gestaltet.

Die Notwendigkeit, nicht nur wegen des geldlichen, sondern auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, mit allem verfügbaren Brennstoff wirtschaftlich zu arbeiten, hat Deutschland auf die nachdrücklichste Weise durch den Krieg erfahren. Deutschland ist ja in der glücklichen Lage, reiche Kohlenfelder zu besitzen und eine hochentwickelte Grubenindustrie, ihm fehlen jedoch nennenswerte Brennölquellen. Petroleum und Benzin sind während der Friedenszeit im friedlichen Warenaustausch in großen Mengen eingeführt worden. Der Krieg zwang dazu, für die nicht mehr erhältlichen Brennstoffe schnell wirksamen Ersatz zu erhalten. Dieser wurde geboten durch die Schweröle der Rückstände aus Gas- und Hüttenkoksgewinnung. Die Koksherstellung mußte daher nach Möglichkeit gefördert werden, um die wichtigen Nebenerzeugnisse, neben den Schwerölen auch die für die Landwirtschaft und Pulverherstellung so wichtigen Stickstofferzeugnisse zu erhalten. Die Steigerung der Koksherstellung zwang jedoch wiederum dazu, auf den Absatz des Kokses selbst bedacht zu sein, so daß in vielen Betrieben eine Mischung des üblichen Steinkohlenbrennstoffes mit Koks volkswirtschaftlich geboten war. Für Verbrennungskraftmaschinen, besonders die zuletzt stark verbreiteten Dieselmotoren, bedeutete der Kriegsausbruch, sofern keine erheblichen Ölvorräte im Kraftwerk eingelagert waren, das Stillegen des Betriebes so lange, bis Rohöl wieder beschafft werden konnte. Als Ersatz für Rohöl und Benzin wurde für Kleinbetriebe die Verwendung von Naphthalin empfohlen, welches bei der Gasfabrikation als Nebenprodukt in größerem Umfange abfällt und verhältnismäßig billig erhältlich ist. Naphthalin ist bekanntlich besonders in London für Autoomnibusbetrieb u. dgl. schon vor Kriegsausbruch unter schwierigen Betriebsverhältnissen erprobt worden. England hat allerdings eine reiche Kohlengrubenindustrie, doch erfolgte der Weiterversand der Kohle an den Hauptabnehmer, die Küstenstädte, vom Wasserwege aus, eine Beförderungsart, die durch den Krieg sich sehr teuer und unsicher gestaltete, so daß viele Gas- und Elektrizitätswerke wegen des Bezuges von Brennmaterial in Schwierigkeiten gerieten, alle jedoch mehr oder weniger bedeutend höhere Aufwendungen für ihren Brennstoff zu machen hatten. Auch alle Länder, nach denen England in großem Umfange Kohlen auszuführen pflegte, haben stark unter den mangelnden Kohlenversandverhältnissen zu leiden und haben infolgedessen ein größeres Interesse gewonnen für die Ausnutzung vorhandener Wasserkräfte und die umfangreichere Verwendung elektrischer Kraftbetriebe und Bahnen. Einer großen amerikanischen Elektrowasserkraftanlage führte die

internationale Kohlennot insofern erhebliche Anschlüsse zu, als gut erreichbare Kohlengruben ihre Betriebe in großem Umfange elektrisierten, um ihre Leistungsfähigkeit zu steigern. Die Rohölförderung wird bekanntlich sowohl in Amerika wie in Rußland und Rumänien in großem Umfange elektrisch betrieben, wobei der Elektromotor eine große Anzahl kleiner feuergefährlicher Benzin- oder Naturgasmotoren ersetzt und gespeist wird von einem Fernkraftwerk erheblicher Leistung, in welchem Petroleum und Naturgas in wenigen Großmotoren auf wirtschaftlichste Weise zur Erzeugung elektrischen Stromes herangezogen wird[10]).

[1]) Newell, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S. 1583. — [2]) Sacerdote u. Huldschiner, El. Kraftbetr. 1914, S 589. — [3]) Fattorini, El. Kraftbetr. 1914, S 481. — [4]) Bosshard u. Ghezzi, El. Kraftbetr. 1914, S 476. — [5]) Haar, El. Kraftbetr. 1914, S 545; Taf. VI und El. World Bd 63, S 925. — [6]) AEG-Ztg. Jg. 16, Nr 8, S 8, 12. — [7]) Henney, El. Kraftbetr. 1914, S 529. — [8]) Klose, El. Kraftbetr. 1914, S 106. — [9]) Bartel, El. Kraftbetr. 1914, S 41, 69. — [10]) Mitt. Berlin-Anhalt. Maschinenbau-A.-G. 1914. — [11]) Vgl. Steiner, El. Kraftbetr. 1914, S 601 (Amerika), S 505 (Rußland), S 284 (Rumänien). Vgl. ferner El. Kraftbetr. 1914, S 304 (Deutschland).

Einrichtungen des Kraftwerkes.

Von Eugen Eichel.

Was in der Gruppe Hebe-, Transport- und Verladevorrichtungen S 105 ausführlich behandelt ist, bezieht sich natürlich in nicht unbeträchtlichem Maße auf das Laden und Löschen, das Verteilen des Brennstoffes auf die Vorratslager, das Entnehmen und Verbrauchen für den unmittelbaren Kraftwerksbedarf. Alles erfolgt mit steigernder Kraftwerksleistung in immer größerem Umfange durch wenige geübte Leute mittels kostspieliger, aber sehr leistungsfähiger mechanischer Hilfsmittel. Selbsttätige Wiegeeinrichtungen stellen die Menge des Brennstoffes fest und Elektrizitätszähler den Kraftverbrauch der Motoren, um mögliche Fehlerquellen im Motor oder der angetriebenen Maschine schnell zu entdecken und auszumerzen, um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu sichern, und zwar unabhängig von vieler Bedienungsmannschaft. Hand in Hand mit der Brennstoffzufuhr geht die Aschen- und Schlackenabfuhr, wobei besonders in großen Kraftwerken mit Kettenrosten die Wirtschaftlichkeit besonders gesteigert wird durch das Schlackensieben zur Wiedergewinnung unverbrannter Kohlenteilchen. Eine weitere Wiedergewinnung unverbrannter Kohlenteilchen in der hochwertigen Form des Rußes wird neuerdings besonders für Großkraftwerke innerhalb der Städte empfohlen und soll sich in New York gut bewährt haben. Die Rauchgasverbrennung ist ja eine sehr wichtige Aufgabe für die Ersteller von Kraftwerksausrüstungen sowohl wie für den Betriebsleiter bereits bestehender Anlagen. Erschwert wird sie, sofern es für das Kraftwerk unmöglich ist, sich größere Mengen von Brennstoff der für die vorhandenen Roste vorteilhaftesten Kohlen während der Monate auf Lager zu legen, in denen Kohlenpreise und Versandverhältnisse dies mit größter Preisersparnis gestatten. Der Krieg hat hier viele Werke in Verlegenheit gebracht. Wie vielen englischen Werken (vgl. S 82) ergeht es in der Kohlenversorgung den Städtischen Elektrizitätswerken in St. Petersburg, deren Betrieb nicht nur maßgebend ist für Straßenbeleuchtung und allgemeine Versorgung mit Licht und Kraft, sondern auch für den Straßenbahnbetrieb. In vielen städtischen Unternehmungen, besonders solchen, die gleichzeitig Gas- und Elektrizitätswerk betreiben, ist die Frage der Verfeuerung eines gemischten Brennstoffes, bestehend aus Koks und Steinkohle, auf vorhandenen Rosten mit bestehenden Windzufuhr- und Regelvorrichtungen während des Krieges von Bedeutung geworden. Erleichtert wird derartiger Betrieb durch die ständig an Verbreitung zunehmende Kraftzugversorgung, erschwert durch die ebenfalls in fast allen Werken anzutreffende selbsttätige Befeuerung mit Kettenrosten u. dgl. Es zeigt sich hier, durch den

Zwang der Umstände geboten, seit langem wiederum eine gewisse Überlegenheit der Handarbeit gegenüber maschineller Betätigung.

Bemerkenswert ist, daß das Eindringen des Elektromotors mit seiner verhältnismäßig großen Umdrehungszahl befruchtend gewirkt hat auf die Kesselhaus-Hilfsmaschinen mit Dampfbetrieb. Auch bei ihnen wird die langsam laufende Kolbendampfmaschine mehr und mehr ersetzt durch die schnell laufende Dampfturbine. Die weit getriebene Wärmeausnutzung des Abdampfes fördert die Ausbildung der Kondensatoren, die Ausscheidung von Öl aus dem Kondensat und die Ölwiedergewinnung. Der feinere Apparatenbau zur fortlaufenden Beobachtung und Aufschreibung der Rauchgasverhältnisse, des Wasserstandes usw. hat sich so gut bewährt, daß auch gröberen selbsttätigen Betätigungseinrichtungen der Wasserspeisung, Zugregelung usw. großes Vertrauen geschenkt wird. Solche selbsttätigen Einrichtungen sind von besonderem Vorteil in Kraftwerken mit starken Augenblicksschwankungen der Belastung, wie Bahnkraftwerken u. dgl., und werden vorteilhaft vereinigt mit halbselbsttätigen Einrichtungen mit Fernbeobachtung und Beeinflussung vom Schaltbrett der elektrischen Anlage aus. Immer weniger Leute, aber solche hoher geistiger Begabung, sind für das Herz des Kraftwerksbetriebes, das Kesselhaus, erforderlich. Dem höheren geistigen Standpunkt entspricht auch das Bestreben, den Kesselhausbetrieb möglichst reinlich zu gestalten und eine bauliche Ausbildung, welche mit Bezug auf sorgfältigste Auswahl natürlicher Tagesbeleuchtung und zweckentsprechende Wandbekleidungsstoffe in Wettbewerb tritt mit der Ausgestaltung des Maschinenhauses. Kesselhaus und Maschinenhaus werden besonders in Großkraftwerken gern als getrennte Gebäude ausgeführt, um einerseits viele Fensterflächen zu gewinnen, anderseits nicht nur Luft und Licht, sondern auch Feuersicherheitszustände zu verbessern. Der Bauart und Ausbildung der Nebenräume, die u. U. in einem Verwaltungsgebäude zusammengefaßt sind, bringt man gleiches Interesse entgegen. Dem gesunden Geist des Bedienungspersonals in gesundem Körper schreibt man höhere Arbeitsfreudigkeit und Arbeitskraft zu und fördert so allgemeines Wohlbefinden und Wirtschaftlichkeit der Anlage durch mäßige Mehraufwendungen in Bau und Ausstattung von Räumen, welche der Gesundheit und der Erholung der Leute dienen. Die Leute müssen ja im allgemeinen eine etwas eintönige Arbeit ausführen, im Notfalle aber bei Betriebsstörungen, Umbauten, Unfällen u. dgl. unter Anspannung aller geistigen und körperlichen Fähigkeiten für mehr oder weniger lange Zeit sehr angestrengt und verantwortlich tätig sein. Die Eintönigkeit des Dienstes, welche besonders schwer empfunden wird in den abseits der Großstädte gelegenen Wasserkraft-, auch Gruben-Großkraftwerken, erhöht sich mit der Zunahme kaufmännischer Geschäftsgebarung, die bis in die kleinsten Einzelheiten ausgearbeitete Vordrucke für die wichtigsten Betriebsverhältnisse mit sich bringt. Ablenkend und anregend wirken besondere Betriebsmaßnahmen, welche geeignet sind, zu erproben, ob gelegentlich des Ausbruchs eines Feuers alles betriebsbereit ist, innerhalb wie kurzer Zeit Reservekessel und Maschinen in Betrieb kommen können u. dgl. Die praktischen Ergebnisse derartiger Übungen, also Beweise hervorragender Betriebssicherheit und steter Betriebsbereitschaft auch bei plötzlich auftretenden Anforderungen auf starke Stromerzeugung, werden besonders in Amerika dazu benutzt, um die wichtigen Anschlußteilnehmer an Elektrizitäts-Lieferungsgesellschaften zu gewinnen, welche ihren Strom in sog. Blockzentralen selbst erzeugen oder zu erzeugen beabsichtigen. Die Besichtigung des Kraftwerkes wird auch dem Nichtfachmann erleichtert durch Anlage von Besichtigungsgalerien.

Der Verminderung von Geräusch- und Wärmeentwicklung sowie der Erschütterung der Fundamente wird große Aufmerksamkeit geschenkt. Erschütterungen und Geräusche werden vermieden durch die Wahl hochwertiger Maschinen-Baustoffe, welche unter sehr hohem Druck zusammengefügt sind, um dauernd den Wärmeschwankungen und Stoßbelastungen des Betriebes gewachsen zu sein, ohne Formveränderungen oder örtliche Verschiebungen zu

erleiden; durch genaues Auswuchten der umlaufenden Maschinenteile in kaltem und warmem Zustande, nicht nur mit der Regelumlaufzahl, sondern mit mehr oder weniger erhöhter Umlaufzahl. Die Luftführung innerhalb der Maschine, der Zu- und Abfuhrkanäle, innerhalb des in der Maschine eingebauten oder auch gesondert angeordneten Gebläses erfordert große theoretische und praktische Erfahrungen, deren Mangel oft teure Umbauten verursacht. Die zur Kühlung selbst erforderliche Luft wird entweder im Trockenfilter oder auch im Sprühregenfilter gereinigt, um ein Verschmutzen des Maschineninneren zu verhindern. Die Reinigung der Luft vermeidet also eine Veränderung des Querschnitts der Luftwege und ein Verschmutzen elektrischer Windungen, was beides zu Wärmestrahlverlusten der Leiter und zur Verschlechterung des Wirkungsgrades führen würde, also zur Gefährdung der Isolation und zur Erhöhung des Kraft- bzw. Kohlenbedarfs. Die Lüftung der elektrischen Maschinen ist von ebenso großer Bedeutung für Dampfkraftwerke wie für Wasserkraftwerke; sie steigert sich bei letzteren um so mehr, mit je geringerer Umlaufzahl die Maschinen angetrieben werden. Wasserkühlung der elektrischen Maschinen hat sich nicht bewährt und kommt nur für Sonderzwecke in Frage, wie z. B. bei Abteufmotoren in Grubenbetrieben, den Antriebsmaschinen der Unterseeboote u. dgl. Jede Luftschicht bildet ein großes Hindernis für die Wasserkühlung, welche sich jedoch dort gut bewährt, wo sie nicht direkt zum Kühlen der Maschinen herangezogen wird, sondern zum Kühlen eines andern Wärmeträgers, wie z. B. des Öls in Öltransformatoren. Von wesentlichem Einfluß auf die Leistungsfähigkeit der Maschinen und ihrer Bedienungsmannschaft ist die Regelung der Luftzu- und -abfuhr, sowie Erwärmung der Kraftwerksräume, worauf schon beim Bau des Werkes genügend Rücksicht genommen werden muß. Hier wirkt fördernd die schon eingangs erwähnte Tatsache, daß man bestrebt ist, Kesselhaus und Maschinenhaus gesondert zu errichten und der weitere Umstand, daß man die Transformatoren und die Schaltanlagen mit ihrer Anhäufung von Ölschaltern, wenn irgendmöglich, ebenfalls in gesonderten Gebäuden unterbringt. Wärmeabfuhr und gesteigerte Betriebssicherheit wird gefördert durch die bauliche Anordnung der Transformatoren- und Schaltzellen, wobei besondere Aufmerksamkeit dem örtlichen Abschluß der Hauptschalter gewidmet wird, um dem Ausbreiten von Feuer bei Überhitzung des Öls oder Explosion des Ölschalters Einhalt zu gebieten. Hierher gehören auch die Maßnahmen, schon beim Entwurf der Baulichkeiten nicht nur auf die Lüftung Rücksicht zu nehmen, sondern auch auf die Erleichterung der Zufuhr von Kühlwasser und der schnellen Abfuhr von Transformatoren- und Ölschalterfüllungen.

Die Konkurrenz, welche der Elektromotor den kleineren Kraftmaschinen bereitet, fördert deren Vervollkommnung sowohl mit Bezug auf Brennstoffverbrauch als auch des Raumbedarfes. Bei der kleinen Dampfmaschine führte dies zur Verbesserung der Ventilmaschinen und der Stumpfschen Gleichstromdampfmaschine, welch letztere sich besonders auch in Amerika schnellen Eingang verschaffte. Ebenso dringt auch in Amerika jetzt die Dampflokomobile mehr durch, welche sich dank der hervorragenden Leistungen von Wolff (Buckau) und Lanz (Mannheim) in Europa wohlverdienter Beliebtheit erfreut. Die größeren Maschinen treiben sogar direkt gekuppelte Drehstrommaschinen an, welche mit großer Wirtschaftlichkeit arbeiten und keine erheblichen Synchronisierschwierigkeiten bereiten. Bei den Verbrennungsmotoren ist es besonders der Dieselmotor für schwerflüssige Öle, der in gesteigerten Größen zum Einbau gelangt. Leider ist seine Wirtschaftlichkeit stark bedrängt durch die Brennstoffpreise, und zwar in viel einseitigerer und betriebserschwerenderer Weise, als dies bei Dampfbetrieben der Fall ist. Die Gasturbine und die Quecksilberdampfturbine hat trotz eifriger Erfindertätigkeit, über deren Umfang die Patentanmeldungen Aufschluß geben, keine praktischen Ergebnisse aufzuweisen. Die Dampfturbine beherrscht dagegen in noch umfangreicherem Größenbereich wie bisher das Kraftwerkfeld. Als Großkraftmaschine steht ihr nur konkurrierend gegenüber die Großgasmaschine, besonders in Zechen und Hüttenwerkskraft-

werken mit reichlichem Gichtgas- oder Koksofengas-Überschuß. Ihre Bedeutung erhellt aus der Tatsache, daß eine unserer elektrischen Großfirmen allein 225 Maschinen für insgesamt 450000 kVA Gesamtleistung in Drehstrom-Schwungraddynamos geliefert bzw. in Ausführung genommen hat. Was sagt dies jedoch gegenüber solchen Erweiterungen bereits bestehender Kraftwerke, wie sie z. B. für Abschluß des Jahres 1914 allein über die Groß-New Yorker Kraftwerke für Kraft-, Licht- und Bahnbetriebe berichtet werden. Vier Dampfturbo-Einheiten zu 20000 kW und drei zu 30000 kW im Bau zeigen, daß der Kraftbedarf außerordentlich schnell steigt, damit die Möglichkeit, im Kraftwerk mit großen Maschineneinheiten wirtschaftlich zu arbeiten, durch Verwendung von Großmaschineneinheiten die allgemeinen Anlagekosten mit Bezug auf Gebäude- und Ausrüstungspreis zu erniedrigen und die laufenden Betriebskosten durch Ersparnis von Bedienungsmannschaft und wirtschaftlichste Ausnutzung der Betriebsstoffe zu vermindern. Der Kraftwerksbetrieb ist kein rein technischer, sondern ein zur größten Feinheit ausgebildeter technisch-kaufmännischer. Alle Einzelheiten, welche auf Ersparnis der Anlagekosten und Betriebskosten in Verbindung mit gesteigerter Betriebssicherheit hinzielen, erfreuen sich größter Förderung seitens der Industrie und Kraftwerksbesitzer. Soziale und wirtschaftliche Fragen und Maßnahmen unterstützen sich dabei in glücklicher Weise. Strengere Sicherheitsregeln für Herstellung und Betrieb von Maschinen und Apparaten fördern dauernd störungsfreien Betrieb und verbilligen im Grunde genommen die Anlage, selbst bei Aufwand etwas höherer Erstkosten. Fernsteuerung, Fernkontrolle, selbsttätige Sicherungen mit Rückmeldung, Schreibinstrumente zur fortlaufenden Beaufsichtigung des Kraftbedarfs, der Druck- und Zugverhältnisse, der Wärmeentwicklung, des Materialverbrauches u. dgl. erhöhen zwar die Anlagekosten, verbessern aber den Betrieb bei Verwendung weniger zuverlässiger Mannschaft, vorausgesetzt, daß bei Herstellung und Aufstellung von Maschinen und Apparaten nicht an der unrichtigen Stelle gespart wurde.

Ausgeführte Anlagen und Statistik der Elektrizitätsversorgung.

Von Dr. Bruno Thierbach.

Ausgeführte und projektierte Anlagen. Nennenswerte Veröffentlichungen über neue Pläne und Ausführungen für die Elektrizitätsversorgung der Großstädte liegen in dem verflossenen Jahre nicht vor. Es sollen daher diesmal die diesbezüglichen Literaturangaben nicht gesondert, sondern mit denen der betreffenden Länder gemeinsam mitgeteilt werden.

Amerika. Von allen Ländern der Erde steht Amerika hinsichtlich der Großzügigkeit der geplanten und ausgeführten Anlagen wiederum weit voran.

Allerdings beginnt bereits in einzelnen Teilen, vor allem im Nordwesten der Vereinigten Staaten, sich eine Übersättigung mit Elektrizität fühlbar zu machen; sie äußert sich dadurch, daß die Preise für den elektrischen Strom dort in letzter Zeit um 35 bis 50% gesunken und nunmehr wesentlich niedriger als anderswo in Amerika sind. Einzelne Werke geben hier den Strom bereits zu 116 M für das Kilowatt und Jahr ab. Die gegenwärtig in jenen Landesteilen bestehenden 6 Hauptgesellschaften verfügen zusammen über 12 Wasserkraft- und 18 Dampfkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 200000 kW; trotzdem werden noch zahlreiche neue Unternehmungen geplant[1]).

Die längste Kraftübertragung der Welt wird demnächst in Kalifornien dadurch zustande kommen, daß die Linien der Coachella Valley Ice and El. Co., der Southern Sierra Co. und der Holton Power Co., welche die Stadt El Centro und Umgebung versorgt, miteinander verbunden werden[2]). Die Entfernung von El Centro bis zu den Wasserkraftwerken in Bishop beträgt 685 km. Von diesen Wasserkraftwerken ist eine sehr ausführliche Beschreibung erschienen[3]). Die Fernleitung wird vorläufig mit 55000 V betrieben.

Auch die Anlage mit der höchsten Spannung, nämlich 150000 V, befindet sich in Kalifornien; sie ist im Jahre 1913 von der Pacific Light & Power Co. am Big Creek in der Sierra Nevada errichtet und bereits im vorigen Jahrbuche erwähnt. In der diesjährigen Literatur findet sich eine ausführliche Beschreibung der Anlagen[4]). Gegenwärtig sind zwei Fernleitungen von je 386 km Länge auf Stahltürmen ausgebaut. Die beiden Mastreihen, welche je einen Stromkreis tragen, haben 24,6 m Mittenabstand. Die Spannweiten betragen normal 165 bis 200 m und erreichen bis zu 860 m. Im Mittel sind 4,4 Maste auf 1 km Leitungsstrang vorhanden. Die Höhe der Maste schwankt zwischen 11 und 13 m. Als Leitungsmaterial wird verseiltes Aluminiumkabel mit Stahlseele von 440 mm^2 Gesamtquerschnitt (Aluminium 390 mm^2) verwendet, mit einer Bruchfestigkeit von 23,6 kg/mm^2. Der äußere Durchmesser der Leiter beträgt 24 mm. Die drei zu einem Stromkreis gehörigen Leiter liegen in einer horizontalen Ebene und haben 5,25 m Abstand. Die verwendeten Hängeisolatoren nach Locke haben 254 mm Durchmesser und bestehen aus je 9 Tellern. Als Abspannisolatoren sind Doppelketten von je 11 Tellern verwendet worden. Die Verwendung dieser hohen Spannungen hat in Amerika, da der für die zugehörenden Apparate erforderliche Raum gewaltige Ausdehnung annimmt, dazu geführt, die Unterstationen vollkommen im Freien unterzubringen. Dieses hat die Alabama Power Co., die am Coosa-Fluß, 80 km von Birmingham in den Vereinigten Staaten ein Wasserkraftwerk von vorläufig 54000 kW und ferner ein Dampfkraftwerk von 12500 kW besitzt, ausgeführt. Die an der 300 km langen, mit 110000 V betriebenen Leitung gelegenen 4 Unterwerke sind ohne jedes Gebäude errichtet. E. Mitchell[5]) gibt eine ausführliche, mit vielen Abbildungen und Plänen versehene Beschreibung dieser Anlagen.

Wie weit Amerika in der Verwendung hoher Spannungen allen anderen Erdteilen voraus ist, geht am deutlichsten aus einer Tafel hervor, welche alle im Betrieb oder im Bau befindlichen Hochspannungs-Fernleitungsnetze der Welt enthält, die mit mehr als 70000 V betrieben werden[6]). Die meisten dieser Anlagen werden von Wasserkraftwerken aus versorgt. Ausführlicher beschrieben sind die Anlagen am Mississippi[7]), am Lachsfluß[8]) und die Besonderheiten der Niagara-Werke auf der kanadischen Seite[9]).

Gute Fortschritte macht die Elektrizitätsversorgung der Minen und Bergwerke; die Mexican Northern Power Co. Ltd. hofft ihre große Kraftübertragungsanlage, welche zum Betriebe der Gold- und Silberminen bei der Stadt Paral dienen soll und seit 3 Jahren im Bau ist, nach Beendigung der politischen Wirren im Oktober 1914 fertigzustellen[10]).

Auch über die Anlagen der Tekkah Mining Co. liegt ein Bericht vor[11]).

Bei dem Interesse, welches gegenwärtig dem Panamakanal entgegengebracht wird, sei auf die Beschreibungen der dortigen Wasserkraftanlagen [12]), des Verteilungssystems[13]) und seiner Licht- und Kraftanlagen[14]) hingewiesen.

Von den Großstadteinrichtungen sind diejenigen von New York[15]), Chicago[16]), Philadelphia[17]), St. Louis[18]) und Cleveland[19]) behandelt; von den Anlagen zur Versorgung weiter Gebiete sei die Organisation der Texas Power and Light Co.[20]), die Beschreibung der größten Zentralstation in Texas[21]) und ihrer Hochspannungsverteilungsleitungen[22]) erwähnt.

Afrika. Eine interessante und großzügige Bewässerungsanlage wird in Deutsch-Ostafrika geplant. Es ist beabsichtigt, die Mkatta und Mbata-Steppe südöstlich vom Viktoriasee für eine Baumwollenkultur geeignet zu machen. Das 1913 begonnene Projekt sieht die Hebung des Wassers des Hauptkanals über die Wasserscheide mittels elektrischer Pumpen vor; die zum Betriebe der Pumpen erforderliche elektrische Energie soll durch das Gefälle des Kanals an anderer Stelle gewonnen werden[23]).

Gleichzeitig zur Bewässerung und Krafterzeugung soll ein Projekt für die Ausnutzung der Wasserkräfte des belgischen Kongo dienen, deren genaue Erforschung Léon Gérard, der frühere Präsident der Gesellschaft belgischer Elektrotechniker, empfiehlt. Allerdings sollen die Vorprüfungen 1 Mill. Frs

kosten und mindestens 10 Jahre in Anspruch nehmen; doch sind auch mehr als 8 Mill. kW als verwertbar wahrscheinlich[24]).

Auch der Ausnutzung der durch den großen Assuan-Damm erhaltenen Gefälle soll nähergetreten werden. Bei den äußerst starken Schwankungen aber, welchen die durch diesen Damm aufgespeicherten Wassermengen unterworfen sind, erscheint es zweifelhaft, ob die Anlagen sich zur Licht- und Kraftversorgung großer Landesteile eignen werden; eher läßt sich ein Absatz für industrielle Zwecke, etwa Kunstdüngeranlagen, erwarten[25]).

Asien. Die Projekte für die Elektrizitätsversorgung von Bombay durch Ausnutzung der Wasserkraft dreier großer Seen 70 km von der Stadt haben weitere Fortschritte gemacht durch die Neugründung des Bombay Hydro-Elektro-Syndikats, das 75000 kW dort gewinnen will[26]).

Aus China wird die Elektrifizierung eines großen Kohlenbergwerkes berichtet. Das Kraftwerk, wie die elektrisch betriebene Fördermaschine, Wasserhaltung usw., werden für die Chung Ching Coal Mining Co. in Südschantung durch die Siemens China El. Engineering Co. ausgeführt[27]).

Europa. In **Norwegen** besteht eine entschiedene und wachsende Neigung der Landgemeinden, die vorhandenen kleinen Wasserkräfte für die Energieversorgung ihrer Bezirke zu erwerben; größere, ganze Landesteile versorgende Anlagen gibt es bisher wenige. Doch kauft der Staat dauernd weitere Wasserkräfte an, um sie später zur Elektrizitätserzeugung zu verwerten; so soll die Nore-Anlage für etwa 90000 kW ausgebaut und die Energie nach der Küste übergeführt werden. Weiter werden drei größere Unternehmungen geplant, und zwar in Telemarken, wo etwa 200000 kW gewonnen und nach Skien übertragen werden sollen, in Sande Ryfylke, wo etwa 60000 kW und am Hoiangsfjord an der Westküste, wo 40000 kW auszubauen sind. Alle diese Projekte befinden sich aber noch im Stadium der Vorbereitung[28]). Wichtig für die Ausnutzung der norwegischen Wasserkräfte sind auch Untersuchungen über die Schwankungen des Niederschlages und des Wasserabflusses in den dortigen Flußläufen, wie sie beispielsweise von Norberg-Schulz, Christiania, angestellt worden sind[29]).

Weit schneller als die Versorgung größerer Landstriche haben sich in den nordischen Ländern sehr bedeutende Kraftanlagen für industrielle Zwecke entwickelt. Neuerdings wird wiederum eine solche Anlage, und zwar für die Herstellung von Stickstoff aus der Luft, nach dem Verfahren von Birkeland & Eyde ausgeführt, welche nach vollem Ausbau 185000 kW das ganze Jahr hindurch leisten kann. Es werden hierfür die großen Wasserkräfte des Maana mit Zuhilfenahme eines Staubeckens von $850{,}10^6$ m^3 Inhalt ausgenutzt[30]).

Die Schweiz. Eine ausführliche Beschreibung der Wasserkraftanlage Augst-Wylen hat v. Booshardt[31]) geliefert.

Die Bernischen Kraftwerke haben kürzlich das vierte Kraftwerk bei Kallack eröffnet und verfügen nunmehr über eine Gesamtleistung von 30000 kW. An dem Unternehmen ist der Bernische Staat mit 90% des Anlagekapitals beteiligt[32]).

Frankreich. In einem kurzgehaltenen Überblick[33]) wird über die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung von Paris berichtet. Die erste Beleuchtungsanlage entstand 1878. Seit 1889 wurde die Versorgung planmäßig durch 6, verschiedenen Gesellschaften gehörende Werke aufgenommen. Seit 1905 besteht der Plan der Stadtverwaltung, eine einheitliche Versorgung ins Leben zu rufen. Mit dem Bau der neuen Werke begann man 1907, und zwar wurde zuerst ein Nord- und ein Südwerk in Angriff genommen. In diesen beiden Werken stehen gegenwärtig 75000 kW zur Verfügung. Doch können sie bis zu 200000 kW vergrößert werden. Das Kabelnetz hatte Ende 1913 eine Länge von 11043 km. Die Kosten der Gesamtanlagen betragen 200 Mill. Frs. Davon entfallen auf die beiden Kraftwerke 45 Mill. Frs.

Über die Elektrizitätsversorgung von Paris sind noch einige weitere Berichte[34]) [35]) [36]) erschienen.

Nach dem Übereinkommen mit der Stadt Paris vom 21. März 1907 hat am 1. Januar 1914 die Compagnie Parisienne de Distribution d'Energie Electrique es übernommen, die verschiedenen bisher bestehenden Zentralen gemeinsam zu betreiben und die Versorgung allmählich auf die beiden neuen großen Zentralen überzuleiten. Bereits am 1. Mai 1914 wurden alle Netze durch die neuen Zentralen gespeist. Zur Verteilung gelangt 2phasiger Wechselstrom von 13500 V und 42 Per/s[37]).

Große Überlandkraftwerke sind in Frankreich besonders im Pyrenäengebiete, geschaffen worden. Hier befindet sich auch das größte in Europa ausgenutzte Gefälle, nämlich ein solches von 936 m. Es wird durch die Société Pyrénéenne d'Energie Electrique im Kraftwerke bei Orlu (Zentralpyrenäen) verwertet; die gewonnene Kraft beträgt 15000 kW, sie kann durch Verbindung mit einem zweiten, 100 m höher gelegenen See auf 22000 kW gesteigert werden[38]). Außerdem besitzt die Gesellschaft noch zwei weitere Wasserkraftwerke mit 850 und 500 m Fallhöhe und Leistungen von 5000 und 7000 kW, so daß sie mit diesen Reserven demnächst insgesamt über 34000 kW verfügen wird. Auch andere bedeutende Anlagen sind im Bau oder werden projektiert; alle bis zum Jahre 1920 voraussichtlich ausgebauten Wasserkräfte werden zusammengerechnet, auf die stattliche Zahl von 250000 kW geschätzt[39]).

Über die bereits im vorigen Jahrgange erwähnte große Kraftübertragung im Norden Frankreichs liegt eine weitere sehr eingehende und mit 20 Abbildungen versehene Abhandlung[40]) vor. Das Kapital der Gesellschaft ist inzwischen von 1,2 auf 8 Mill. M angewachsen. Die Stromerzeugung geschieht hier durch Dampf.

England. Seit dem von Klingenberg vor der Institution of Electrical Engineers zu London und im Elektrotechnischen Vereine in Berlin gehaltenen Vortrage ist über die Zentralisierung der Elektrizitätsversorgung von London mehrfach berichtet worden, ohne daß es bisher möglich ist, aus den mehrfach sich widersprechenden Beurteilungen der Sachlage ein klares Bild darüber zu gewinnen, ob es gelingen wird, die einem solchen gewaltigen Projekte entgegenstehenden bedeutenden Schwierigkeiten zu überwinden. Von den englischen Abhandlungen seien diejenigen von Merz und Mc Sellan[41]) erwähnt und von deutscher Seite die sehr zahlreichen Berichte in der ETZ[42]).

Von anderen großen Städten in Großbritannien werden die Anlagen in Hull[43]), Birmingham[44]), Sheffield[45]) und Dublin[46]) besprochen.

Die bedeutendsten Kraftwerke und ausgedehntesten Leitungsanlagen von Schottland besitzt die Cleyde Valley Power Co. Gegenwärtig sind zwei Zentralen zu Motherwell und Yoker in Betrieb. Sie versorgen die Umgebung Glasgows mit Licht und Kraft durch 113 Unterwerke und 315 km Hoch- und Niederspannungsleitungen. 40000 kW Motoren und 2700 kW Licht sind angeschlossen[47]).

Rußland. Auch hier hat die Regierung in den letzten Jahren der Ausnutzung der Wasserkräfte ihr Interesse zugewandt und zu Anfang 1909 eine Kommission für elektrische Wasserkraftausnutzung eingesetzt; die Sitzungsprotokolle dieser Kommission umfassen die Zeit vom März 1909 bis Juni 1910; sie sind in Form eines Bandes von 320 Seiten nebst Anlagen der Öffentlichkeit vor kurzem übergeben worden. Die Aufgabe, die die Kommission sich gestellt hat, umfaßt einmal die Aufstellung eines technischen Katasters über die Wasserkräfte Rußlands und zweitens die Ausfindigmachung derjenigen Wasserkräfte, deren Ausbau bereits für die nächste Zeit in Aussicht genommen werden könnte[48]).

Eine recht bedeutende Kraftanlage ist beim Ausbau der schon lange von der russischen Regierung geplanten Wasserverbindung zwischen der Ostsee und dem Schwarzen Meere im Zuge der Düna und des Dniepr in Aussicht genommen; es sollen im Unterlaufe der Düna bei Riga ca. 60000 kW, in den Stromschnellen des Dniepr zwischen Jekaterinoslaw und Alexandrowsk mindestens 75000 kW ausgenutzt werden[49]).

Auch das Projekt für die Versorgung von Petersburg und Südfinnland von einem Kraftwerke am Saimasee aus ist weiter bearbeitet und eine Gesellschaft mit einem Aktienkapital von 130 Mill. Frs hierfür gegründet worden. Die Wasserkräfte sollen in der Lage sein, jährlich 1600 Mill. kW zu erzeugen[50]).

Italien. Über die elektrischen Unternehmungen Italiens im Jahre 1912 liegt eine zusammenfassende Darstellung vor[51]). Die gesamten ausgenutzten Wasserkräfte betragen rd. 750000 kW. Hiervon entfallen 500000 kW auf Oberitalien, 160000 kW auf Mittelitalien, 40000 kW auf Süditalien und die Inseln. Neue bedeutende Anlagen sind im Sommer 1913 vom Parlament genehmigt. So sollen z. B. in Kalabrien und Sizilien die Flüsse Sila und Tirso durch große Stauseen 10000 und 1000 kW liefern. Mit den Stauseen sollen gleichzeitig große Bewässerungsanlagen für landwirtschaftliche Meliorationszwecke verbunden werden. Bemerkenswert, nicht wegen ihrer Größe, aber wegen ihrer technischen Eigenheit, sind auch die in Verbindung mit der großen apulischen Wasserleitung geplanten Krafterzeugungsanlagen. Diese Wasserleitung, welche ein Gebiet so groß wie der 20. Teil der gesamten Fläche Italiens versorgen wird, kommt demnächst in Betrieb. Auf ihrer ganzen Länge sind 18 Kraftwerke mit zusammen 6400 kW Leistung verteilt. Von ihnen sind 13 kleinere Werke zwischen 21 und 300 kW. Bei den 5 übrigen liegt die Leistungsfähigkeit zwischen 500 und 1800 kW. Von der Gesamtleistung werden 1300 kW durch 22 Pumpwerke verbraucht[52]).

Schließlich sei noch die hydro-elektrische Anlage am Pescara erwähnt, welche zur Versorgung Neapels ausgenutzt werden soll[53]).

Belgien. Die Schwierigkeiten, welche bisher einer Vereinheitlichung der Elektrizitätserzeugung und -verteilung für Lüttich und Umgegend entgegenstanden, scheinen soweit beseitigt zu sein, daß demnächst an die Durchführung des Projektes gedacht werden kann. Es handelt sich um die Vereinigung 8 größerer und einiger kleinerer Werke mit einer Gesamtleistung von 83000 kW[54]). (Ein Lageplan ist an der angegebenen Stelle beigefügt.) Von der angegebenen Leistung entfallen 60% auf Eisen- und Stahlwerke, 20% auf Hüttenbetriebe und 20% auf konzessionierte Gesellschaften zur Verteilung von Licht- und Kraftstrom.

Niederlande. Die Lösung des Problems, welche Maßnahmen von der niederländischen Regierung zu treffen seien, um dem Bedürfnis für elektrische Energie, namentlich auch auf dem flachen Lande, in möglichst zweckmäßiger und ökonomischer Weise zu entsprechen, war im Jahre 1911 einer aus Fachmännern und Staatsbeamten bestehenden Kommission anvertraut worden. Der kürzlich erschienene Bericht dieser Kommission beleuchtet das Problem in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht und dürfte wegen der eingehenden und klaren Behandlung der vielen damit verbundenen Fragen für weite Kreise von Interesse sein. Eine ausführliche Besprechung dieses Berichtes durch B. H. Verhagen[55]), wissenschaftlichen Mitarbeiter am Kgl. Niederländischen Ministerium für Landwirtschaft, Gewerbe und Handel, liegt vor.

Österreich-Ungarn. Die großen Elektrizitätserzeugungsanlagen Österreich-Ungarns sind enger als in anderen Ländern mit den Projekten für die Elektrifizierung der Staatsbahnen verknüpft. Doch liegen auch eine Reihe von Ausführungen und Projekten für die allgemeine Licht- und Kraftversorgung vor. Es wird Näheres über das schon im vorigen Jahrgange erwähnte Projekt für die Versorgung von Wien durch Verwertung der in den Niederen Tauern und auf ihrem nördlichen Abhange vorkommenden Niederschlagswässer berichtet. Doch hat die Gemeinde Wien bereits Anfang 1911 sich Braunkohlen-Bergwerksgerechtsame gesichert und in Ebenfurt ein Kraftwerk errichtet, welches gegenwärtig 12000 kW leistet. Zwei Doppelfreileitungen führen von hier nach Wien, wo die Umwandlung des Stromes von 35000 auf 5500 V erfolgt. Die Unterstation ist durch eine Kabelleitung mit dem Werke Semmering verbunden, wodurch eine unmittelbare Unterstützung beider Zentralen gewährleistet ist[56]).

Recht zahlreich sind die Projekte für Böhmen und Mähren. Die Elektrizitätswerke „Ost-Böhmen“, welche mit einem Kostenaufwande von 7 Mill. K in einem Zeitraume von 2 Jahren erbaut wurden, sind im Februar 1914 in Betrieb gekommen. Im Bau sind die westböhmischen Elektrizitätswerke „Aumühle“, welche mehr als 100 Ortschaften versorgen sollen. Geplant sind ein Werk für Prag und dessen Umgebung, das insgesamt 550 Landgemeinden mit 400000 Einwohnern versorgen soll, ein solches in der Nähe von Karlsbad und ein drittes für die Stadt Pilsen und die benachbarten Bezirke[57]).

In **Deutschland** liegt an neuhinzugetretenen großen Projekten nur dasjenige für die Versorgung Ostpreußens vor. Hier hat die Provinzialverwaltung die Angelegenheit in die Hand genommen, nach langen Vorarbeiten sollten im Sommer dem Provinziallandtage endgültige Vorschläge unterbreitet werden; es war beabsichtigt, auf gleichem Wege, wie ihn die Provinz Pommern eingeschlagen[58]), vorzugehen. Ein diesbezügliches Rundschreiben des Herrn Regierungspräsidenten Keyserling, Königsberg, und die Meinungsäußerungen einer Reihe maßgebender Persönlichkeiten der dortigen Gegend sind als Sonderabdruck[59]) erschienen. Der hereinbrechende Krieg hat eine Zurückstellung dieser Projekte notwendig gemacht. Jedoch bricht die Auffassung sich immer mehr Bahn, daß die Durchführung mit besonderer Beschleunigung sofort nach Eintritt normaler Zustände in Angriff genommen werden muß, und daß der Staat verpflichtet sei, die Elektrifizierung der Provinz als Gegengabe für die erlittene schwere Schädigung zu bieten. Ein diesbezüglicher Antrag des Grafen Mirbach-Sorquitten[60]) an die preußische Regierung liegt vor. Die technische und wirtschaftliche Seite der Energieversorgung der Ostprovinzen ist sehr eingehend von Bartel[61]) behandelt worden.

Als ein erster, aber sehr beachtenswerter Schritt auf dem Wege zur Verbilligung der Elektrizitätsversorgung ist eine in den deutschen Zeitungen veröffentlichte Bekanntmachung der Kgl. Eisenbahndirektion Halle anzusehen, nach welcher diese Verwaltung die in ihrem Bahnkraftwerke Muldenstein überschüssigen Elektrizitätsmengen von jährlich etwa 30 Mill. kW zu sehr günstigen Bedingungen zur Verfügung stellt. In einer Arbeit von Thierbach werden die in Aussicht genommenen Tarife an einzelnen Beispielen erläutert auf die Bedeutung des Angebots, im besonderen für die deutsche chemischer Großindustrie, wird hingewiesen[62]).

Die bereits bestehenden größeren Projekte sind im Berichtsjahre nur sehr wenig gefördert, die Durchführung des großen Walchenseeprojektes schien sogar wieder zweifelhaft geworden, da aus der Ende Dezember 1913 den Mitgliedern des bayerischen Landtages vom Staatsministerium des Innern zugegangenen Denkschrift gefolgert werden mußte, daß die Elektrizitätspolitik der bayerischen Staatsregierung kaum jemals wieder in dem früher erwarteten Ausmaße fortgesetzt werden wird. Unter anderem trete auch eine grundsätzliche Gegnerschaft gegen gewerbliche Staatsbetriebe deutlich zutage[63]). Nach Ausbruch des Krieges scheint die Stimmung jedoch wieder eine günstigere geworden zu sein, da nach einer königlichen Verfügung die Verhandlungen über die Durchführung des Projektes besonders beschleunigt werden sollen.

An Hand der genannten Denkschrift werden an anderer Stelle[64]) die Besitz- und Betriebsverhältnisse der einzelnen Kraftwerke in Bayern in einer Übersichtskarte zusammengestellt. Aus ihr sind die größeren bestehenden Kraftwerke und die Gebiete, für welche solche projektiert sind, und zwar unterschieden nach dem Stadium der Projektarbeiten, ersichtlich. Weiter werden Angaben über die Anlagekosten und Tarife einzelner Werke gemacht.

In Baden ist über den Fortschritt der Arbeiten an dem großen Murg-Kraftwerke nichts weiter berichtet worden. Über die allgemeine Lage der Elektrizitätsversorgung in diesem Lande gibt eine Denkschrift der Abteilung für Wasserkraft und Elektrizität der Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaus in Karlsruhe Auskunft, die auch von der Regierung aus-

gearbeitete Musterverträge für den Abschluß der Gemeinden mit Privatunternehmern enthält[65]).

Das Werk an der Edertalsperre, welches im Herbste 1914 in Betrieb genommen werden sollte, war am Ende des Jahres noch nicht fertiggestellt. Auch ist der Ausbau der umfangreichen Leitungsnetze bei Kriegsausbruch fast ganz unterbrochen worden.

Zum Abschluß gelangte nach 3jährigen, zum Teil recht schwierigen Verhandlungen die Gründung eines Zweckverbandes der Kreise des Regierungsbezirkes Stade, nachdem sich inzwischen auch noch benachbarte Kreise des Regierungsbezirkes Lüneburg angeschlossen hatten, so daß der Verband zurzeit aus 17 preußischen Kreisen, darunter einem Stadtkreis, besteht. Der Bau der gesamten Leitungsnetze ist der Siemens Elektrische Betriebe A.-G., Berlin, übertragen, welche gleichzeitig den Betrieb der Anlagen auf 40 Jahre gepachtet hat. Jedoch kann der Verband nach 15 Jahren die Netze in eigenem Betrieb übernehmen, muß aber bis zum Schlusse der Pachtzeit den Strom von der Siemens A.-G. beziehen[66]).

Von bereits bestehenden Werken ist das zu einer ausgedehnten Überlandzentrale ausgebildete Elektrizitätswerk der Stadt Trier ausführlich unter Beifügung von Plänen, Schalteskizzen und Bildern beschrieben[67]), ebenso das von der Kraftübertragungswerke Rheinfelden A.-G. ausgeführte große Kraftwerk bei Wyhlen[68]).

Der Provinziallandtag von Pommern hat weitere 4,5 Mill. M für den Ausbau seiner Anlagen bewilligt. Das bisher aufgewendete Baukapital beträgt nunmehr etwa 43 Mill. M, die Gesamtleistung der gebauten Werke 35000 kW, das Hochspannungsnetz umfaßt eine Gesamtlänge von 760 km Speiseleitung für 40000 V und 7500 km Verteilungsleitung für 15000 V mit etwa 2100 Transformatorenstationen. An die Werke sind 46 Städte, einschließlich Stettin, etwa 675 Gemeinden und etwa 1250 Güter und Einzelkonsumenten angeschlossen[69]).

Über das wichtigste deutsche Projekt, nämlich die zukünftige Gestaltung der Elektrizitätsversorgung von Groß-Berlin, ist auch im Jahre 1914 leider keine Entscheidung getroffen, so daß die Unsicherheit betreffs der Zukunft noch immer stark hemmend auf die normale Entwicklung in diesem wertvollen Gebiete einwirkt. Einen Einblick in die bisher zwischen dem Magistrat der Stadt und den BEW geführten Verhandlungen gewährt der letzte Geschäftsbericht der BEW[70]). Außer einer großen Reihe von Zeitungsartikeln über die hier zu lösenden technischen und volkswirtschaftlichen Fragen seien noch die Arbeiten von Werner[71]), Volz[72]), Thierbach[73]) und Schiff[74]) erwähnt.

Statistik.

Die grundlegenden Arbeiten für alle statistischen Untersuchungen über die Elektrizitätswerke **Deutschlands** bilden nach wie vor die Statistiken des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und der Vereinigung der Elektrizitätswerke. Zu ersteren seien die weiteren Mitteilungen von Dettmar[75]) erwähnt, welche neben anderen tabellarischen Zusammenstellungen eine Liste derjenigen Überlandzentralen, welche 50 und mehr Orte versorgen, gibt und die Ausführungen von Thierbach[76]); hier wird nachgewiesen, daß die in den vorhandenen 103 Werken von mehr als 5000 kW Leistung eingebauten Maschinen ausgereicht hätten, um den Gesamtbedarf aller deutschen öffentlichen Elektrizitätswerke zu decken.

Die Statistik der Vereinigung bespricht ausführlich Siegel[77]), während Schiff[78]) aus ihr seine Untersuchungen über die Anlagekosten von Elektrizitätswerken ableitet. Siegel[79]) gibt ferner interessante Tabellen über die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in Deutschland und in dem Auslande und über das Verhältnis der Elektrizitätsabgabe gegenüber Gas und Petroleum in Deutschland. Die Leistungen der Elektrizitätswerke werden für das Jahr 1913 zu 1,9, diejenigen der Einzelanlagen in Deutschland zu 8,3 Mill. kW angegeben.

Den 4100 öffentlichen Elektrizitätswerken stehen in Deutschland 45000 Einzelanlagen gegenüber. Die größte davon, Zeche Deutscher Kaiser, hat eine Jahreserzeugung von 200 Mill. kWh, übetrifft also die meisten großstädtischen Werke. Den 49000 elektrischen Erzeugungsanlagen stehen trotz ihrer 100jährigen Entwicklung nur 1560 Gaswerke in Deutschland gegenüber. Ihre Jahreserzeugung beträgt ca. 2,5 Milliarden m³ gegenüber etwa 11 Milliarden kWh der elektrischen Einzelanlagen und etwa 2 Milliarden der öffentlichen Elektrizitätswerke. Die Anzahl der vorhandenen Glühlampen wird auf 75 Millionen, die der Petroleumlampen auf 21 Millionen geschätzt[80]).

Gute Karten sind vorhanden von den in Bayern bestehenden und geplanten Großkraftwerken und von der Elektrizitätsversorgung in Baden[81])[82]).

Schweiz. Eine allgemeine Statistik über die Schweizer Elektrizitätswerke ist vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein[83])[84]) nach dem Stande von 1911 und eine solche über die Wasserkräfte der Schweiz herausgegeben worden. Die totale mittlere Nettoleistung der ausgenutzten Wasserkräfte wird zu etwa 400000 kW oder 9 kW/km² angegeben.

Aus **Österreich-Ungarn** wird wiederum die Statistik der Vereinigung österreichischer und ungarischer Elektrizitätswerke[85]) nach dem Stande von 1912, und diejenige der Elektrizitätswerke und Bahnen in Österreich, Bosnien und der Herzegowina[86]) mitgeteilt. Zu letzterer auch noch ein Nachtrag nach dem Stande vom 1. Januar 1914[87]).

Über **Holland** gibt die Statistik der Elektrizitätswerke für 1912[88]) und ein ausführlicher Artikel über die gegenwärtige Versorgung der Niederlande mit elektrischer Energie[89]) Auskunft.

Für **Schweden** hat der Schwedische Wasserkraftverein, gegründet 1910, eine Karte im Maßstabe von 1:2000000 herausgegeben, welche alle im Jahre 1914 im Betrieb oder im Bau befindlichen Wasserkraftanlagen von mehr als 360 kW Turbinenleistung enthält. Die Größe der Anlagen ist durch den Flächeninhalt eines um den Standort geschlagenen Kreises angegeben. Eine Einteilung der einzelnen Kreise in verschiedene farbige Sektoren zeigt die hauptsächlichsten Verwendungsgebiete der Kraft, und zwar für: 1. Eisen-, Metall- und Bergindustrie, 2. Holz-, Zellulose- und Papierindustrie, 3. Textilindustrie, 4. Elektrochemische Industrie, 5. Allgemeine Licht- und Kraftversorgung[90]).

In **Dänemark** sind im Jahre 1912 53 neue Werke gebaut worden, so daß gegenwärtig 344 Werke mit einer Gesamtleistung von 28000 kW bestehen. Das Anlagekapital für alle Werke wird auf 41,8 Mill. M angegeben[91]).

Von **Amerika** schließlich liegt eine Statistik der Elektrizitätswerke in den Vereinigten Staaten nach dem Stande von 1912 vor[92]) und eine Zusammenstellung der Krafterzeugung. Nach letzterer[93]) sind in den Vereinigten Staaten 14,4 Mill. kW in Fabriken und industriellen Betrieben installiert. Von ihnen entfallen 5,75 Mill. kW auf die Elektrotechnik, und zwar 3,74 Mill. kW Dampfkraft, 1,94 Mill. kW Wasserkraft, 0,07 Gaskraft.

[1]) El. Kraftbetr. 1914, S 73. — [2]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 846; ETZ 1914, S 305. — [3]) El. World Bd 64, S 757, 805, 858, 903, 949, 1001, 1045, 1093. — [4]) El. World Bd 63, S 33, 85; ETZ 1913, S 1107; Gen. El. Rev. 1914, S 828. — [5]) Mitchell, ETZ 1914, S 781, 821. — [6]) El. Kraftbetr. 1914, S 545. — [7]) Gen. El. Rev. 1914, S 85, 375. — [8]) El. World Bd 63, S 1378, 1385, 1437. — [9]) El. Jl. 1914, S 302. — [10]) El. World Bd 64, S 173; El. Kraftbetr. 1914, S 550. — [11]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 643. — [12]) Gen. El. Rev. 1914, S 719; Electr. (Ldn.) Bd 73, S 522. — [13]) Gen. El. Rev. 1914, S 39. — [14]) El. World Bd 64, S 21. — [15]) El. World Bd 63, S 307, 365. — [16]) El. World Bd 63, S 529, 594. — [17]) El. World Bd 63, S 1213. — [18]) El. World Bd 63, S 436. — [19]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 112. — [20]) El. World Bd 64, S 470. — [21]) El. World Bd 64, S 369. — [22]) El. World Bd 64, S 419. — [23]) El. Kraftbetr. 1914, S 551. — [24]) ETZ 1914, S 715. — [25]) ETZ 1914, S 157. — [26]) Engineering Bd 96, S 547, 578; ETZ 1914, S 274. — [27]) ETZ 1914, S 68. — [28]) ETZ 1914, S 473. — [29]) Norberg-Schulz, ETZ 1914, S 651. — [30]) ETZ 1914, S 891. — [31]) Booshardt, Schweiz. Bauztg. Bd 63, S 1, 15, 45, 66, 109, 121, 149, 163. — [32]) El. Kraftbetr. 1914, S 548. — [33]) El. Kraftbetr. 1914, S 549. — [34]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 173;

217. — [35]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 705, 737. — [36]) Bull. Soc. Internat. des El. R 3, Bd 4, S 451. — [37]) ETZ 1914, S 916. — [38]) ETZ 1914, S 916. — [39]) Lum. él. R 2, Bd 24, S 314; ETZ. 1914, S 1030. — [40])Lum. él. R 2, Bd 20, S 231, 291; ETZ 1914, S 999. — [41]) Merz u. Mc Sellan, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 994; Bd 73, S 45, 88; El. Masch.-Bau 1914, S 513. — [42]) ETZ 1914, S 124, 246, 372, 453, 943, 936. — [43]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 229, 273. — [44]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 389, 1025. — [45]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 938, 983. — [46]) Gen. El. Rev. 1914, S 700. — [47]) El. Rev. (Ldn.) Bd 7, S 393; El. Kraftbetr. 1914, S 56. — [48]) ETZ 1914, S 471, 472. — [49]) El. Kraftbetr. 1914, S 174. — [50]) El. Kraftbetr. 1914, S 550. — [51]) El. Kraftbetr. 1914, S 74. — [52]) El. Kraftbetr. 1914, S 481. — [53]) Elettr. (Mil.) 1914, S 103, 137, 162, 460. — [54]) ETZ 1914, S 775. — [55]) ETZ 1914, S 1067. — [56]) ETZ S 41. — [57]) ETZ S 857; El. Masch.-Bau 1914, S 569; El. Kraftbetr. 1914, S 376. — [58]) JB 1913, S 92, Literaturangabe 35, 36, 37. — [59]) Ostpreußische Zeitung Königsberg, März 1914: Zur Elektrisierung der Provinz Ostpreußen. — [60]) ETZ 1914, S 1121. — [61]) Bartel, Zschr. f. d. gesamte Turbinenwesen 1914, S 51, 85; El. Kraftbetr. 1914, S 41, 69. — [62]) Thierbach, Chemische Industrie, Bd 37, No. 14, 1914. — [63]) El. Kraftbetr. 1914, S 105; Frankfurter Ztg. No. 555 v. 23. 12. 1913. — [64]) ETZ 1914, S 324. — [65]) ETZ 1914, S 301. — [66]) ETZ 1914, S 568. — [67]) El. Kraftbetr. 1914, S 522, 529, 541, 556. — [68]) AEG-Ztg. 16. Jg., Nr 8, S 12. — [69]) ETZ 1914, S 424. — [70]) Gesch.-Ber. der BEW 1913/14. — [71]) Werner, Wie die E.V. Berlins und Groß-Berlins im Jahre 1920 aussehen sollte. — [72]) Volz, Die BEW Berlin und Wir, Atlas-Verlag. — [73]) Thierbach, Was nottut, Atlas-Verlag. — 74) Schiff, ETZ 1914, S 438. — [75]) Dettmar, ETZ 1914, S 907. — [76]) Thierbach, ETZ 1914, S 747. — [77]) Siegel, ETZ 1914, S 736. — [78]) Schiff, ETZ 1914, S 467. — [79]) Siegel, El. Kraftbetr. 1914, S 121. — [80]) El. Kraftbetr. 1914, S 376. — [81]) ETZ 1914, S 324. — [82]) ETZ 1914, S 301. — [83]) ETZ 1914, S 67. — [84]) El. Kraftbetr. 1914, S 476. — [85]) El. Masch.-Bau 1914, S 293. — [86]) El. Masch.-Bau 1914, S 187. — [87]) ETZ 1914, S 600. — [88]) ETZ 1914, S 100. — [89]) ETZ 1914, S 1087. — [90]) El. Kraftbetr. 1914, S 476. — [91]) ETZ 1914, S 302. — [92]) El. World Bd 63, S 586; El. Masch.-Bau 1914, S 402; ETZ 1914, S 605. — [93]) ETZ 1914, S 830.

V. Elektrische Beleuchtung.

Von Patentanwalt Dr.-Ing. B. Monasch, Leipzig.

Beleuchtungsanlagen.

Vergleich der elektrischen mit anderen Beleuchtungsarten. Wikander[1]) macht Vorschläge, wie die Gegensätze zwischen Elektrizität und Gas gemildert werden können. Insbesondere müßten beide Werke paritätisch behandelt werden, indem durch Anschluß aller Wohnungen des Versorgungsgebietes die größtmöglichen Einnahmen geschaffen werden. Die Petroleumbeleuchtung würde hierdurch ganz verdrängt werden.

Beleuchtung und Hygiene. Ronzani[2]) hat Untersuchungen angestellt über die chemischen und physikalischen Veränderungen der Atmosphäre eines Raumes, der einerseits durch elektrische Glühlampen, anderseits durch Gasglühlicht beleuchtet wird, und den Einfluß beider Beleuchtungsarten auf den Gesundheitszustand der in den betreffenden Räumen befindlichen Tiere erforscht. Die Untersuchungen wurden mit Kohlenfadenlampen bzw. mit Gasglühlicht durchgeführt. Es ergab sich, daß die elektrischen Glühlampen weder eine chemische Veränderung der Atmosphäre hervorrufen, noch die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft beeinflussen. Anderseits scheidet auch ein sauber und richtig bedienter Gasglühlichtbrenner keinen Schwefelwasserstoff, kein Kohlenoxydgas oder unverbrannte Kohlenwasserstoffverbindungen aus. Die Gasbeleuchtung verursacht eine stärkere Bewegung der Luft als elektrisches Licht. Je 3 Kaninchen und 3 Meerschweinchen wurden längere Zeit auf die Einwirkung beider Beleuchtungsarten untersucht. Elektrische Beleuchtung hatte gar keinen Einfluß, während Gasbeleuchtung sowohl einen Gewichtsverlust als auch eine Verringerung des Hämoglobingehaltes und der Zahl der roten Blutkörperchen

verursachte. Nach 14 Tagen zeigten sich bei Gasbeleuchtung Atembeschwerden, nach 16 bis 18 Tagen gingen sogar 5 der Versuchstiere ein.

Schanz[3]) untersuchte die Veränderungen und Schädigungen des Auges durch nicht direkt sichtbare Lichtstrahlen.

Straßenbeleuchtung. Bloch[4]) berichtet über die Straßenbeleuchtung mit „Halbwattlampen“ (elektrische Wolframglühlampen mit spiralisiertem Draht in Stickstoffatmosphäre). Während im vorigen Berichtsjahre Halbwattglühlampen nur für verhältnismäßig hohe Lichtstärken hergestelt wurden von etwa 3000 bis 1000 HK, ist diese Lampenart jetzt auch für Lichtstärken von 1000 bis 100 HK ausgebildet. Heyck und Becker[5]) berichten über die Quarzlampe, die besonders als Starklichtquelle für Industriehallen und Geländebeleuchtung geeignet ist.

Innenbeleuchtung. Die Innenbeleuchtung bietet vielfache Aufgaben, die sich meistens einer allgemeinen Behandlung entziehen. Es sind daher, wie in früheren Jahren, mehrere Abhandlungen erschienen, die sich mit Sonderfällen der Innenbeleuchtung beschäftigen. So wird die Beleuchtung im Berliner Dom[6]) beschrieben. Powell[7]) behandelt die Kirchenbeleuchtung mit hochkerzigen Wolframlampen. Es werden Beispiele gegeben für die Beleuchtung einer Bibliothek[8]), von indirekter Beleuchtung in Bankhäusern[9]). Die Schulbeleuchtung wird von Waldram[10]) und von Kerr[11]) auch in ihrer historischen Entwicklung betrachtet. Die Beleuchtung von Gemäldesammlungen wurde auf einer Sitzung der Londoner Beleuchtungstechnischen Gesellschaft[12]) eingehend behandelt.

Wheeler und Hoeveler[13]) berichten über die Beleuchtung kleiner Schaufenster.

Zugbeleuchtung. Dick[14]) benutzt die Wolframdrahtlampen zur Zugbeleuchtung. Er schaltet die Lampen direkt parallel zur Batterie und verwendet eine auf eine Grenzspannung geregelte Dynamomaschine, energieverzehrende Lampen- und Batteriewiderstände, Lampenregler, Eisendrahtwiderstände, Pufferbatterien, Relais und Spannungsbegrenzer fallen weg. Über verschiedene Zugbeleuchtungssysteme berichtet Jakob[15]). Ferner ist die Zugbeleuchtung in den Vereinigten Staaten von Nordamerika von d'Aste[16]) und auf den italienischen Staatsbahnen[17]) beschrieben worden.

Bühnenbeleuchtung. Nähere Beschreibungen der im JB 1913, S 96, mitgeteilten Systeme gab Lux[18]), ferner die Schriften der ausführenden Firmen[19]).

Scheinwerfer und Projektionslampen. Die lichtstarken Wolframdrahtlampen mit spiralisiertem Glühkörper eignen sich wegen der außerordentlich geringen Raumbeanspruchung des Glühkörpers gut zu Projektionszwecken und für kleinere Scheinwerfer. Duschnitz[20]) beschreibt eine große Zahl von Wolframdrahtlampen in Ausführungsformen für Projektionslampen.

Grubenbeleuchtung. Jansen[21]) beschreibt eine Reihe mehr oder weniger schlagwettersicherer Konstruktionen für Grubenbeleuchtung. Die Schlagwettersicherheit wird zum größten Teile schon allein durch geeignete Wahl normaler Konstruktionselemente, wie Drehschalter und Patronensicherungen, erzielt. Burrows[22]) beschreibt amerikanische Beleuchtungsarten von Kohlengruben. Schorrig[23]) und Swoboda[24]) beschreiben tragbare Grubenlampen.

[1]) Wikander, ETZ 1914, S 726. — [2]) Ronzani, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 309. — [3]) Schanz, Z. Beleucht. 1914, S 3, 30, 37. — [4]) Bloch, El. Masch.-Bau 1914, S 781, 801. — [5]) Heyck u. Becker, Z. Ver. D. Ing. 1914, S 158. — [6]) Mitt. BEW 1914, S 168. — [7]) Powell, El. World Bd 64, S 382. — [8]) El. World Bd 63, S 1498. — [9]) Ill. Eng. (Ldn.) Bd 7, S 9. — [10]) Waldram, Ill. Eng. (Ldn.) Bd 7, S 15. — [11]) Kerr, Ill. Eng. (Ldn.) Bd 7, S 27. — [12]) Ill. Eng. (Ldn.) Bd 7, S 148. — [13]) Wheeler u. Hoeveler, El. World Bd 64, S 335. — [14]) Dick, ETZ 1914, S 1077, 1089. — [15]) Jakob, ETZ 1914, S 505. — [16]) d'Aste, Lum. él. R 2, Bd 25, S 673. — [17]) ETZ 1914, S 963. — [18]) Lux, Z. Beleucht. 1914, S 154, 168, 184, 200, 216. — [19]) AEG-Ztg. 17. Jg., S 5; Mitt. S&H. 1. Jg., S 85. — [20]) Duschnitz, Helios Fachz. 1915, S 41, 65. — [21]) Jansen, ETZ 1914, S 929, 957. — [22]) Burrows, El. World Bd 64, S 622. — [23]) Schorrig, El. Masch.-Bau 1914, S 145. — [24]) Swoboda, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 655, 1387.

Lampen und Zubehör.

Bogenlampen. Lummer[1]) ließ Bogenlampen mit erhöhtem Druck brennen und erhielt einen Lichtbogen mit einer dem erhöhten Drucke entsprechenden höheren Temperatur der Krater. Bei etwa 20 Atm. Druck stieg die Lichtstärke der Lampe auf das 18fache des bei Atmosphärendruck herrschenden Wertes. Die Temperatur des Lichtbogens beträgt bei diesem Drucke etwa 7500° abs., während die Temperatur der bei Atmosphärendruck brennenden Bogenlampe etwa 4200° abs. beträgt. Der Bogenlampentechnik ist hier ein Weg angedeutet, die Lichtausbeute der Bogenlampen zu erhöhen.

Auf dem Gebiete der Effektkohlen ist nach Versuchen von Lewis[2]) die Crustakohle hergestellt worden. Die positive Kohle besitzt einen Mantel von Leuchtsalzen, der Kern ist eine positive gewöhnliche Reinkohle. Der Mantel enthält Fluorkalzium, Natriumwolframat und chromsaures Kali. Die negative Kohle ist eine gewöhnliche Dochtreinkohle. Auf dem oberen Ende der als untere Elektrode angeordneten positiven Kohle bildet sich eine Art Überzug, der sehr leicht von den geschmolzenen Leuchtsalzen benetzt wird. Schlackenreste häufen sich nicht an. Die Kohlen brennen in offenen Bogenlampen, der praktische spezifische Verbrauch (einschließlich Vorschaltwiderstandsanteil) beträgt etwa 0,14 W für die HK.

Scheinwerfer. Wedding[3]) berichtet über Messungen an einem von Beck konstruierten Scheinwerfer, bei welchem die Lichtstärke der Bogenlampe durch Effektkohlen erhöht wird, die von außen beheizt werden. Praktische Messungen ergaben bei 2 und 8 km Entfernung eine fünfmal größere Leistungsfähigkeit bei derselben Stromstärke und einem um ein Drittel kleineren Parabolspiegel als sonst und im unmittelbaren Vergleich mit den bisher verwendeten Reinkohlen. Bei 150 A und 80 V ergab sich eine Lichtstärke von einer halben Milliarde HK.

Glühlampen. Die Halbwattlampe (Glühlampe mit spiralig gewundenem Wolframglühkörper in Stickstoffatmosphäre), über die bereits im JB 1913, S 98, berichtet worden ist, hat Lux[4]) strahlungstheoretisch untersucht und gelangt zu dem Ergebnis, daß trotz der hohen Lichtausbeute der Halbwattlampe im Vergleich zur normalen Wolframlampe die Umwandlung der aufgewendeten Leistung in Licht keine nennenswerten Fortschritte gemacht hat. Von der gesamten gestrahlten Energie sind zwar 8% Licht, aber von der aufgewendeten Energie nur 4,8%. Der Grund liegt in bedeutenden Energieverlusten durch Wärmeableitung, die verhältnismäßig erheblich größer sind als bei den Vakuumlampen und darin, daß auch in der enggewickelten Wolframspirale Lichtverluste entstehen. Aus den Temperaturbestimmungen des Leuchtkörpers der Halbwattlampe folgt, daß die Lichtausbeute nicht mehr wesentlich gesteigert werden kann, da bei einer Ausbeute von etwa 0,3 W für die sphärische Hefnerkerze bereits der Schmelzpunkt des Wolframs erreicht würde.

Bei der praktischen Ausgestaltung der Halbwattlampen ist der spiralförmige Glühkörper in zahlreichen Arten in der Glühlampe angeordnet worden. Eine größere Zahl dieser Anordnungen hat Duschnitz[5]) in einer Übersicht zusammengestellt.

Chemische Fragen bei der Fabrikation gepreßter Wolframglühkörper erörtert A. Müller[6]), über die Anfangsstromstärke der Halbwattlampen berichten Makower und Oschwald[7]).

Greinacher[8]) empfiehlt die folgenden Beobachtungen zur Konstruktion einer Glühlampe. Bei elektrischen Entladungen in verdünnten Gasen wird die Kathode stark erwärmt. In einer Glaskugel, in die zwei zunächst nicht leitende Stifte als Elektroden eingeführt sind, werden diese Stifte durch die anfänglich eintretende schwache Glimmentladung von selbst angewärmt und so stark leitend gemacht, daß der nun intensiv einsetzende Glimmstrom sie zum Leuchten bringt.

Prietze[9]) beschreibt einen Karborundwiderstand als Nebenschluß für Reihen-Glühlampenbeleuchtung. Während man bei Reihen-Glühlampenkreisen

bisher Drosselspulen oder Papierdurchschlagsicherungen im Nebenschluß verwendete, kann Karborund als Ersatz hierfür verwendet werden. Karborund leitet in kaltem Zustande den Strom nicht; erst bei einem gewissen Stromdurchgang, der entsprechend der Spannungserhöhung beim Durchbrennen einer Lampe eintritt, erwärmt sich das Karborund in dem Maße, daß bei passender Wahl der Abmessungen der Spannungsanteil der Lampe genau ausgeglichen wird. Die übrigen Lampen erhalten bei Verwendung von Karborund keine Überspannung, wie bei Papierdurchschlagsicherungen. Der Karborundwiderstand läßt im Vergleich zu den Drosselspulen erhebliche Ersparnisse im Stromverbrauch zu.

Beleuchtungskörper. Untersuchungen von Voege[10]) über die Anwendbarkeit des präparierten Marmors in der Beleuchtungstechnik zeigen, daß der Marmor dem Milchglas in jeder Hinsicht überlegen ist. Die Untersuchungen Voeges erstreckten sich auf die Lichtdurchlässigkeit, das Lichtzerstreuungsvermögen, die Durchlässigkeit für ultraviolette und ultrarote Strahlen und auf die Lichtverteilung durch einen praktischen Beleuchtungskörper.

Die Halbwattlampe stellte den Entwerfern von Armaturen besondere Aufgaben, und es sind geeignete Armaturen auf den Markt[11]) gebracht worden. Schneider & Co.[12]) zeigten insbesondere, wie von allen lichtstreuenden Glassorten das opalüberfangene Glas für Halbwattlampen bei der hohen Flächenhelle des Leuchtkörpers besonders geeignet ist.

[1]) Lummer, Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur, Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. — [2]) Lewis, ETZ. 1914, S 1080. — [3]) Wedding, ETZ 1914, S 901. — [4]) Lux, ETZ 1914, S 609. — [5]) Duschnitz, Helios Fachz. 1914, S 581, 601. — [6]) A. Müller, Z. angew. Chemie 1914, S 563. — [7]) Makower u. Oschwald, Elctr. (Ldn.) Bd 73, S 837. — [8]) Greinacher, ETZ 1914, S 259. — [9]) Prietze, Zentralbl. Bauverw. 1914, S 449. — [10]) Voege, ETZ 1914, S 199. — [11]) Helios Fachz. 1914, S 2001; ETZ 1914, S 180. — [12]) Schneider & Co., Helios Fachz. 1914, S 417.

VI. Elektrische Fahrzeuge und Kraftbetriebe.

Elektrische Voll- und Straßenbahnen. Von Prof. Dr. W. Kummer, Zürich. — Elektrische Bahnen und Fahrzeuge für besondere Zwecke. Von Ingenieur Max Schiemann, Wurzen. — Landwirtschaftlicher Betrieb, Hebezeuge, Transport- und Verladevorrichtungen. Von Privatdozent Georg von Hanffstengel, Berlin. — Maschinenantrieb in Fabriken, Pumpen, Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge. Von Privatdozent Dr.-Ing. Alexander Brückmann, Hannover.

Elektrische Voll- und Straßenbahnen.

Von Prof. Dr. W. Kummer.

Die Bedeutung des Jahres 1914 für die elektrische Zugförderung liegt vorzugsweise in technischen Fortschritten auf dem Gebiete des Hauptbahnbetriebes, die in Amerika mit zurzeit wiederum lebhaften Erörterungen über die Systemfrage in engem Zusammenhange stehen. Bei ihrer Abneigung gegen die Verwendung weniger und dabei um so stärkerer Antriebsmotoren für elektrische Lokomotiven lassen sich die Amerikaner durch die Anordnung vieler kleiner Motoren auf jeder Lokomotive entweder für das Gleichstromsystem mit Reihen-Parallel-Regelung (General Electric Co.) oder für das Einphasensystem mit Umformung in Phasenteilern oder in Gleichrichtern (Westinghouse Co.) in einem für europäische Begriffe übertriebenen Maße einnehmen. Dabei hat natürlich die im Jahre 1914 in Amerika für eine Spannung von 2400 V erfolgte

Weiterbildung der Stromversorgung mittels sog. dritter Schiene das Gleichstromsystem ganz besonders weiter entwicklungsfähig und für den massive Konstruktionen bevorzugenden Bahningenieur schätzenswert gestaltet.

Demgegenüber hat in Europa der Lokomotivantrieb mittels weniger, aber leistungsfähiger Motoren durch die im Jahre 1914 geglückte Behebung früherer, für den Betrieb sehr lästiger Schwierigkeiten in der Anwendung von Parallelkurbelgetrieben unzweifelhaft an Ansehen wiedergewonnen; dieser Fortschritt dürfte in erster Linie dem Einphasensystem mit Kommutatormotoren zugute kommen.

Neben den mit den neuen Fortschritten verknüpften Erörterungen über die für den Hauptbahnbetrieb so wichtige Systemfrage bietet uns die Literatur des abgelaufenen Jahres auch wieder manche beachtenswerte Arbeit über Einzelfortschritte in den einzelnen Bahngattungen, die nunmehr samt jenen Fortschritten von größerer Tragweite in geordneter Weise zur Besprechung gelangen.

Straßen- und Überlandbahnen. Auf dem Gebiete des Straßenbahnwesens begegnen wir als Neuerungen vorzugsweise neuen Bauformen der Wagen, der Motorwagen sowohl als auch der Anhängewagen, wobei die stufenlose Mittelplattform zum Ein- und Aussteigen bzw. gelegentlich nur zum Einsteigen besonders hervortritt. Eine bemerkenswerte Weiterbildung dieser in Amerika bereits außerordentlich verbreiteten Wagenform stellt der in Portland (Ore.) in Betrieb genommene Zwillingswagen[1]) dar, bei dem die stufenlose Mittelplattform zwischen zwei vierachsige Wagen beweglich eingebaut und mit Faltenbalg begehbar angeschlossen ist, so daß eine Gesamtlänge dieses Zwillingswagens von rd. 22 m entsteht. Von den neuerdings vielfach auftretenden Doppeldeckwagen ist der für Columbus (Ohio) gebaute durch das hohe Fassungsvermögen von 171 Reisenden bei nur rd. 14 m Wagenlänge und nur rd. 21 t Wagengewicht nach einer Beschreibung von Joyce[2]) auffallend. Im Straßenbahnoberbau finden Spezialstücke aus Manganstahl immer mehr Anwendung; es dürften unter den bezüglichen Erfahrungen die aus Chicago[3]) bekannt gewordenen besonders beachtet werden. Die Verfahren der Schienenschweißung haben durch die elektrische Schweißung der Akkumulatorenfabrik A.-G.[4]) und durch den Kombinationsstoß von Pelissier[5]) mit Azetylenschweißung und gleichzeitiger Laschenverschraubung eine Bereicherung erfahren. Für die Unterhaltungsarbeiten des rollenden und sonstigen Materials der Straßenbahnen sind neue und gut eingerichtete Werkstätten in Dienst genommen worden, besonders in Amerika, wo die Städte Montreal[6]), Louisville[7]), Atlantic City[8]) usw. typische Anwendungsbeispiele bieten. Zum Unterbringen der Wagen werden stets größer werdende Wagenhallen erforderlich, an denen z. B. Berlin eine bemerkenswerte Auswahl bietet, wie einem Aufsatz von Busse[9]) zu entnehmen ist. Die elektrische Ausrüstung der Straßenbahnen kann als Neuerung das in Barmen von Rossinsky[10]) angewendete System selbsttätiger elektrischer Bremsung der Anhängewagen verzeichnen.

Die Anlage neuer Überlandbahnen nach dem Gleichstrom-Hochspannungssystem bei 1200 bis 2400 V Fahrdrahtspannung macht in Europa wie in Amerika stetige und bedeutende Fortschritte, und zwar, wie schon im JB 1913 hervorgehoben, recht oft im Anschluß an Außenstrecken städtischer Straßenbahnen bei einer verdoppelten Spannung gegenüber derjenigen der Straßenbahn. Die höchste Motorspannung für eine solche Anlage ist im Berichtsjahr mit 1650 V in einem von Ganz & Cie. für die Tátrabahn[11]) gelieferten Probewagen in Betrieb genommen worden, nachdem die betreffende Bahn bisher ihre Fahrdrahtspannung von 1650 V auf zwei ständig in Reihe geschaltete Motoren verteilt hatte. Die Benutzung des Einphasensystems für die Kleinbahnen bei Belfort[12]) muß heute, angesichts der immer mehr hervortretenden Bevorzugung des hochgespannten Gleichstroms für solche Anlagen, als Ausnahme von der Regel beurteilt werden.

Stadtschnellbahnen. Auf dem Gebiete der Stadtschnellbahnen hat das Jahr 1914 die außerordentlich interessante Systemfrage für die Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahn, über die schon im JB 1912 und 1913 die Rede war, teilweise zur Klärung gebracht. Seitens der preußischen Staatsbahnen sind auf Grund des im JB 1913 erwähnten Elektrifikationsbeschlusses Einphasen-Speziallokomotiven, sog. Triebgestelle, gebaut und auf der Einphasenbahn Dessau-Bitterfeld erprobt worden; der ordnungsmäßige Stadtbahnzug ist mittels zweier B-Gestelle ausgedehnten Fahrversuchen unterworfen worden, wobei Beschleunigungen bis 0,3 m/s² festgestellt werden konnten. Als Gegenversuche zu obgenannten Versuchen mittels der Triebgestelle sind nun Versuche mit Motorwagen in Aussicht genommen, wobei mit Rücksicht auf die leichtere Ausrüstung nunmehr das Gleichstromsystem mit 1600 V zugrunde gelegt wird. Wie Zehme[13]) zu berichten weiß, sind für diese Gegenversuche Züge aus 4 Motorwagen und 6 Anhängewagen in Aussicht genommen, während als Versuchsstrecke die Zweigbahn Wannsee-Stahnsdorf mit Stromzuführung durch dritte Schiene für 1650 V hergerichtet wird. Von der Pariser Untergrundbahn[14]) sind bemerkenswerte Versuche mit der Ward-Leonard-Steuerung bei Fortfall der Anlaßwiderstände und Ermöglichung der Energierückgewinnung beim Anhalten bekannt geworden. Die Untergrundbahn von Buenos Aires, deren Eröffnung im JB 1913 gemeldet wurde, hat nach der Beschreibung von Wachsmann[15]) eine Fahrspannung von 1100 V erhalten, um die unmittelbare Verschmelzung des entsprechenden Netzes von Stadtschnellbahnen mit den bestehenden Straßenbahnen für 550 V durch Übergangsmöglichkeit der Triebwagen herzustellen. In den skandinavischen Ländern hat das System der elektrischen Stadtschnellbahnen Fuß gefaßt einerseits in Stockholm, wie der Beschreibung der Vorortbahn Stockholm-Saltsjöbaden durch v. Holmgren[16]) zu entnehmen ist, und anderseits in Kristiania, von wo über den Bau einer Untergrundbahn durch Braarud[17]) einläßlich berichtet wird; die erstgenannte Anlage arbeitet mit Gleichstrom von 1200 V, bei der zweiten Anlage soll Gleichstrom von 600 V zur Verwendung kommen. Neben den im Jahre 1914 gefaßten Beschlüssen zur Erweiterung bestehender Schnellbahnsysteme, insbesondere Untergrundbahnen, wie z. B. in Berlin[18]), ist auch die Anhandnahme neuer Projekte, wie z. B. in Kalkutta[19]), zu erwähnen. Zur Abklärung grundsätzlicher Baufragen hat eine wirtschaftlich-bautechnische Studie von Macholl[20]) über die Profilgestaltung der Untergrundbahnen Bedeutung.

Elektrische Haupt- und Zwischenstadtbahnen. Wie schon in den einleitenden Bemerkungen dieses Abschnitts ausgesprochen, haben technische Fortschritte auf dem Gebiete des Hauptbahnbetriebes in Amerika neue lebhafte Erörterungen über die Systemfrage bewirkt. Anläßlich einer solchen Erörterung ist am eindringlichsten von Armstrong[21]), gemäß dem Standpunkt der General Electric Co., das System des hochgespannten Gleichstroms als zweckmäßigstes Betriebssystem für alle Bahngattungen, insbesondere auch für den Hauptbahnverkehr, bezeichnet worden. Folgerichtig hat denn auch die General Electric Co. einen äußerst bedeutungsvollen Schritt in dieser Hinsicht getan, indem sie den Auftrag auf Einrichtung der elektrischen Zugförderung auf der Chicago-, Milwaukee- und St. Paul-Bahn[22]) mittels Lokomotiven von 2600 kW Leistung bei 3000 V Fahrspannung übernahm; zunächst handelt es sich um eine Streckenlänge von 182 km, denen später, bei Bewährung des Systems, weitere 580 km folgen dürften; die mit je 8 Motoren ausgerüsteten Lokomotiven müssen für Personendienst Geschwindigkeiten von maximal 100 km/h, für Güterdienst bei ähnlicher Ausführung, aber geändertem Übersetzungsverhältnis der Zahnräder, Geschwindigkeiten von normal 26 km/h entwickeln. Eine nicht geringere Bedeutung hat die Anwendung der Stromversorgung mittels dritter Schiene für 2400 V auf der New Michigan & Chicago Ry[23]), die bereits für rd. 80 km Bahnlänge durchgeführt ist und für weitere 60 km unmittelbar bevorsteht; damit wird der im JB 1912, S 88, enthaltene Hinweis über die ehestens zu erwartende Ausbildung der dritten Schiene für



Hochspannung als richtig bestätigt. Durch die einseitige Stellungnahme der General Electric Co. für das Gleichstromsystem hat sich jedoch die Pennsylvania-Bahn nicht abhalten lassen, einen prinzipiellen Elektrifikationsbeschluß zugunsten des Einphasensystems für die Strecke Philadelphia-Pittsburg zu fassen, dem für das 32 km lange Teilstück Philadelphia-Paoli[24]) bereits die Einrichtung der Fahrdrahtanlage und die Indienstnahme eines Vorort-Motorwagenverkehrs gefolgt ist; bemerkenswert ist jedoch, daß die Pennsylvania-Bahn, im Gegensatz zu ihren Versuchen von 1908 bis 1909, nicht mehr die Periodenzahl 15, sondern die den amerikanischen Fabriken angenehmere und für Dampfturbinenantrieb der Kraftwerke übrigens auch näherliegende Periodenzahl 25 gewählt hat, wobei noch zu beachten ist, daß neben Fahrzeugausrüstungen mit Kommutatormotoren besonders auch solche mittels Phasenteiler-Umformern und mittels Gleichrichter-Umformung in Betracht gezogen werden. Über diese beiden neuartigen Lokomotiv-Umformungen hat nämlich die Westinghouse-Gesellschaft, von der sich die Pennsylvania-Bahn bedienen läßt, im abgelaufenen Jahre bemerkenswerte Ausführungen erstellt und teilweise auch schon in größerem Maßstabe erprobt. Die Ausführung von Einphasenlokomotiven mit Phasenteilern betrifft die bereits im JB 1913, S 101 genannte Norfolk and Western Ry, wobei eben der asynchrone Einphasen-Drehstromumformer den Namen eines Phasenteilers erhalten hat; ein Bild der von der Westinghouse-Gesellschaft für obgenannte Bahn gebauten Phasenteilerlokomotive für 1000 kW Leistung und 122 t Gewicht hat Brecht[25]) in einem vielbeachteten Aufsatz über neuere amerikanische Bahnausrüstungen veröffentlicht, wobei die tiefliegende Anordnung von Zahnradblindwellen zwischen je zwei Triebachsen mit Weitergabe der Triebkraft an diese durch Schleifkurbelgetriebe nach Art der 1899 auf der Burgdorf-Thuner Bahn eingeführten besonders auffällt. Die Ausführung von Umformerlokomotiven mit Gleichrichtern, deren bevorstehende Ausbildung im JB 1913, S 102 gemeldet werden konnte, ist von der Westinghouse-Gesellschaft mit besonderer Rücksichtnahme auf die Pennsylvania-Bahn beschleunigt worden; im Dezember 1914 konnte eine Versuchsmaschine[26]) auf einer Zweiglinie der New Havener Bahn zur Probe kommen und tägliche Fahrten von etwa 40 km ausführen; die bemerkenswerte Ausführung für 750 kW bei Umformung von 11000 V Einphasenstrom auf 1200 V Gleichstrom mittels Transformators und zwei Stahlgefäßgleichrichtern von rd. 50 cm Durchmesser und 90 cm Höhe, von denen der eine Apparat der Reserve dient, hat normale Zahnradmotoren für Gleichstrom von 600 V erhalten, die paarweise in Reihe geschaltet sind; der Spannungsabfall im Gleichrichter soll bei 1200 V und beim Vollaststrom von 750 A nur 25 V betragen. Daß übrigens in Amerika auch das Einphasensystem mit Kommutatormotoren nicht abgewirtschaftet hat, wie gelegentlich behauptet wird, beweisen neuerdings die seitens der New York-Westchester- und Bostoner Bahn[27]) bekannt gegebenen Unterhaltungskosten jeder Art. Auch die New Havener Bahn[28]) ist in der Lage, günstige Betriebsergebnisse zu melden, insofern als der Verschiebedienst besonders befriedigt hat; demgegenüber hatte die genannte Bahn zur Herabsetzung der Beeinflussung der Schwachstromanlagen durch den Bahnstrom eine durchgreifende Änderung ihrer Streckenspeisung vorzunehmen, die übrigens den gewünschten technischen Erfolg zeitigte. Im Zusammenhang mit der Beurteilung amerikanischer Angaben über Unterhaltungskosten kann die Veröffentlichung von Beschreibungen der Werkstätten der New Havener Bahn[29]) und, als Gegenbeispiel, der mit Gleichstrom betriebenen New Yorker Central-Bahn[30]) als höchst willkommen und zeitgemäß begrüßt werden.

Den amerikanischen Fortschritten im Hauptbahnwesen sind nicht minder bedeutungsvolle europäische Erfolge gegenüberzustellen. Von dem bereits im JB 1912, S 88 erwähnten Versuchsbetriebe der Lancashire and Yorkshire Ry ist im Berichtsjahre bekannt geworden[31]), daß der mit 3500 V Fahrspannung bzw. mit 1750 V Motorspannung während Jahresfrist durchgeführte regelmäßige Verkehr zwischen den etwa 5 km voneinander entfernten Stationen Bury und

Holcombe in jeder Hinsicht befriedigt hat. Ein Erfolg für den hochgespannten Gleichstrom dürften auch die im Berichtsjahre in Betrieb genommenen Lokomotiven der Berner Oberlandbahnen[32]) bilden, wobei es sich um Lokomotivmotoren von je 300 kW Leistung bei direkt 1500 V handelt; der genannten schmalspurigen und streckenweise für Zahnstangenbetrieb eingerichteten Bahn darf allerdings der Charakter einer Haupt- oder Zwischenstadtbahn nicht zuerkannt werden, obzwar die für 600 kW Leistung bemessenen Lokomotiven Zugkräfte entwickeln müssen, wie sie auch im Hauptbahnbetrieb normal sind. Daß auch in Europa gelegentlich an Gleichstrombetrieb für ganz schwere Zugförderung gedacht und die Ausarbeitung eines für 5000 V geeigneten Materials ernstlich erwogen wird, dürfte ein Aufsatz von Amsler[33]) darlegen, in dem der Umformung von Gleichstrom auf Gleichstrom mittels eines für Hochspannung zu Nebenbetrieben bereits wohlbewährten Umformertyps und mittels einer Regelung der Achsmotoren nach Ward Leonard das Wort geredet wird. Indessen ist für den europäischen Hauptbahnbetrieb die dominierende Stellung des Einphasensystems durch die Fortschritte des hochgespannten Gleichstroms noch in keiner Weise erschüttert worden. Auch hat das abgelaufene Jahr wieder einige recht bedeutungsvolle Inbetriebsetzungen gebracht. In erster Linie ist der Aufnahme des Probebetriebs auf der schon im JB 1912, S 88 erwähnten schwedischen Bahnstrecke Kiruna-Riksgränsen zu gedenken, über die Zolland[34]) einen interessanten Bericht veröffentlicht hat. Dann hat die Preußische Staatsbahn die elektrische Zugförderung auf der Schlesischen Gebirgsbahn[35]) eröffnen können, und damit neben den Strecken Dessau-Bitterfeld und Bitterfeld-Leipzig weitere typische Anwendungen des Einphasenbahnbetriebes ins Werk gesetzt; eine eingehende und zusammenfassende Würdigung der bei diesen umfangreichen Arbeiten erzielten technischen und wirtschaftlichen Fortschritte liegt, der Allgemeinheit zugänglich, einstweilen noch nicht vor, wird aber um so sehnlicher erwartet. Obwohl schon kaum mehr als vollwertige Hauptbahnen anzusprechen, aber doch diese Bahngattung noch tangierend, soll auch an die Betriebsaufnahme auf der Bahn Wien-Preßburg und den bezüglichen Baubericht von Seefehlner[36]) sowie an die nunmehr vervollständigten Betriebsmittel des noch im Jahre 1913 eröffneten elektrischen Betriebes auf den Engadiner Linien der Rhätischen Bahn[37]) hingewiesen werden. Daß die italienischen Staatsbahnen für Betrieb mittels Drehstrom wiederum ganz bedeutende Geldmittel bewilligten, wurde schon im JB 1913, S 101 erwähnt; im Berichtsjahre erfolgten nun die vorgesehenen umfangreichen Lokomotivbestellungen, die, soweit aus den spärlichen gelegentlichen Andeutungen in der Literatur entnommen werden kann, durch die Kombination der Stufenregelung durch Polumschaltung mit derjenigen durch Kaskadenschaltung bemerkenswert sein werden. Eine erstmalige Anwendung dieser für elektrische Lokomotiven neuen Regelungsart ist in der 1914 zwar noch nicht in Betrieb genommenen, aber in der Transportmittelhalle der Schweiz. Landesausstellung in Bern[38]) vorgeführten Lokomotive von Brown, Boveri & Cie. für die Simplonbahn verwirklicht; neben der Neuheit der elektrischen Regelungsart weist diese Lokomotive als interessantes Merkmal die im JB 1913, S 101 bereits gewürdigte Antriebsart des Zweistangenantriebs auf, der an der Simplonlokomotive für die hohe Leistung von 2000 kW zur Anwendung gelangte. Durch die auf derselben Ausstellung von Brown, Boveri & Cie. vorgeführten Lokomotiven und Lokomotivmodelle wurde dargelegt[39]), daß dieser Zweistangenantrieb auch schon für Gleichstrom (5 Lokomotiven für die Paris-Orleans-Bahn) und auch für Einphasenstrom (je eine Lokomotive für die Rhätische Bahn und für die badische Wiesentalbahn) ausgeführt worden ist.

Unter den europäischen Fortschritten im Hauptbahnwesen nehmen auch eine bedeutungsvolle Stellung die prinzipiellen Erörterungen über Lokomotivantriebe ein, die in engem Zusammenhange stehen mit der im abgelaufenen Jahre geglückten Behebung früherer Störungen und Schwierigkeiten, die auf die Antriebsart mittels Parallelkurbelgetriebes zurückgeführt werden mußten.

Es hat sich gezeigt, daß die Mehrzahl der Störungen auf den Einfluß des Lagerspiels der Kurbelgetriebe, sowie auf Stichmaßfehler oder sonstige Ausführungsfehler zurückgeführt werden können, und daß der Einbau elastischer Konstruktionsteile in die Triebwerke geeignet ist, den schädlichen Einfluß der nie ganz zu behebenden Ausführungsfehler und des Lagerspiels zu beseitigen; dieser wichtige Fortschritt ist durch physikalische Erörterungen von Wichert[40]) und Buchli[41]) näher beleuchtet worden. Von etwas allgemeinerem Standpunkt aus hat Kummer[42]) den prinzipiellen Unterschied der Triebwerksbeanspruchung bei Kurbelgetrieben und bei Getrieben mit nur rotierenden Konstruktionsteilen auf Grund der aus dem Energieaustausch der Elastizität und der lebendigen Kraft bewegter Massen hervorgehenden Schwingungen untersucht und gefunden, daß bei Kurbelgetrieben unter allen Umständen größere Bruchgefahr besteht; in einem kurz nachher veröffentlichten Nachtrag zu dieser Studie hat Kummer[43]) gezeigt, daß auch die zusätzlichen Beanspruchungen durch Lagerspiel aus den durch Energieaustausch der Elastizität und der Massenwirkung hervorgerufenen Schwingungen zu erklären seien. Von besonderer Gefährlichkeit schienen die durch Lagerspiel begründeten Triebwerksbeanspruchungen auf den 12 neuen Lokomotiven von je 1800 kW der Lötschbergbahn[44]) zu sein, weil bei dieser zweimotorigen Lokomotivbauart mit Dreiecksantrieb besonders ungünstige Massenwirkungen zur Geltung kommen mußten; indessen hat sich gerade bei diesen Lokomotiven der Einbau eines elastischen Zwischengliedes ins Triebwerk in besonders auffallendem Maße als vollwertiges Anhilfsmittel erwiesen. Da entsprechende Erfahrungen auch anderweitig gemacht worden sind, so ist gelegentlich der zweimotorige Antrieb einer Gruppe gekuppelter Triebachsen überhaupt als ungünstiger gegenüber dem einmotorigen Antrieb beurteilt worden; wohl auch deshalb dürften die preußischen und die bayerischen Staatsbahnen bei den letzten Bestellungen elektrischer Lokomotiven den einmotorigen Antrieb sichtlich bevorzugt haben. Eine prinzipielle Untersuchung von größerer Tragweite in anderer Richtung verdanken wir Brecht[45]), der den Einfluß der Stromart elektrischer Bahnen auf die Adhäsionsverhältnisse an Hand von Versuchsergebnissen mit Einphasenbetriebsmitteln der preußisch-hessischen Bahnen behandelte, dabei auf die älteren Arbeiten von Osanna (in El. Kraftbetr. 1906, S 229) hinwies und zudem auch den Einfluß der Feinheit der Regulierung bei verschiedenen Ausführungsformen in Betracht zog.

Das abgelaufene Jahr hat auch die „unreinen" elektrischen Bahnsysteme bzw. die Systeme des Betriebes elektrischer Kraftwagen mit auf diesen mitgeführten Wärmekraftanlagen auf nichtelektrifizierten Bahnen bereichert; den bisherigen sog. petrol-elektrischen, gasolin-elektrischen, benzol-elektrischen usw. Triebwagen sind nämlich nunmehr Diesel-elektrische Triebwagen[46]) gefolgt, die insbesondere von der Verwaltung der sächsischen Staatsbahnen beschafft worden sind.

[1]) El. Rlwy. Jl. Bd 44, S 948. — [2]) Joyce, El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 582. — [3]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 970. — [4]) ETZ 1914, S 276. — [5]) Pelissier, El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 323. — [6]) El. Rlwy. Jl. Bd 44, S 60. — [7]) El. Rlwy. Jl. Bd 44, S 244. — [8]) El. Rlwy. Jl. Bd 44, S 756. — [9]) Busse, El. Kraftbetr. 1914, S 333. — [10]) Rossinsky, El. Kraftbetr. 1914, S 5. — [11]) El. Kraftbetr. 1914, S 593, 605. — [12]) Génie civil Bd 64, S 225. — [13]) Zehme, ETZ 1914, S 800, 1131. — [14]) Génie civil, Bd 64, S 275. — [15]) Wachsmann, ETZ 1914, S 525. — [16]) v. Holmgren, ETZ 1914, S 229, 260. — [17]) Braarud, ETZ 1914, S 36. — [18]) AEG-Ztg. 16. Jg., Nr 9, S 9. — [19]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 698, 700, 723. — [20]) Macholl, El. Kraftbetr. 1914, S 241, 261. — [21]) Armstrong, Gen. El. Rev. 1914, S 62. — [22]) El. Rlwy. Jl. Bd 44, S 1153. — [23]) El. Rlwy. Jl. Bd 44 S 376. — [24]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 860. — [25]) Brecht, El. Kraftbetr. 1914, S 385. — [26]) El. Rlwy. Jl. Bd 44, S 1327, 1343. — [27]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 220, 394, 643. — [28]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 969, 1165. — [29]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 622. — [30]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 1244. — [31]) Tramway Rlwy. World Bd 35, S 276. — [32]) Mitt. BBC, Jg 1, S 51. — [33]) Amsler, ETZ 1914, S 493. — [34]) Zolland, El. Kraftbetr. 1914, S 161, 181. — [35]) ETZ 1914, S 600,

944. — [36]) Seefehlner, El. Masch.-Bau 1914, S 813 ,830. — [37]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 760, 1430. — [38]) ETZ 1914, S 1041. — [39]) Mitt. BBC, 1. Jg., S 10. — [40]) Wichert, El. Kraftbetr. 1914, S 325. — [41]) Buchli, ETZ 1914, S 612, 643. — [42]) Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 63, S 156, 169, 177. — [43]) Kummer, Schweiz. Bauztg. Bd 64, S 129, 135. — [44]) Schweiz. Bauztg. Bd 63, S 130, u. Bd 64, S 275. — [45]) Brecht, El. Kraftbetr. 1914, S 277. — [46]) El. Kraftbetr. 1914, S 361.

Elektrische Bahnen und Fahrzeuge für besondere Zwecke.

Von Ingenieur Max Schiemann.

Die Verkehrsverstärkung bei Straßengefährten mit Motorantrieb machte größere Fassungsräume der Wagen erforderlich. Bei Benzingefährten wurden die Deckaufbauten noch möglich, bei Akkumulatorengefährten oder bei benzinelektrischen Fahrzeugen konnte aus Gewichtsbegrenzung der Antriebskonstruktionen solche Belastung nicht mehr befürwortet werden. Für Motorwagen mit oberirdischer Fahrleitung (gleislose Bahnen) hat man sich dieser Neuerung nicht verschlossen. Gute und feste Fahrbahnen sind aber die erste Vorbedingung hierfür.

Der Akkumulatoren-Grubenlokomotivbetrieb machte seine berechtigten Fortschritte auch in diesem Berichtsjahr.

Eine neue Ausnutzung des elektrischen Akkumulatorenbetriebes finden wir bei kleineren Plattformwagen für Flachtransporte der Eisenbahn-, Post-, Speicher-, Magazin-, Werkstattbetriebe.

In Amerika haben verschiedene Eisenbahnverwaltungen und Dampfschiffgesellschaften elektrische Transportkarren in ihren Betrieben eingeführt. Die „Erie Railroad“ z. B. stellte gleich 24 Karren auf dem Jersey City-Bahnhof in Betrieb. Die Güter, welche auf den verschiedenen Bahnhöfen in New York aufgegeben werden, kommen an jedem Abend in Wagen und Frachtschiffen nach diesem Bahnhof, welcher jeden Tag etwa 600 t Güter empfängt und versendet. Aus dem Vergleich der Kosten der Güterbewegung für den Zeitraum eines Jahres nach der Einführung der elektrischen Karren mit den Kosten für die Handkarren stellte sich heraus, daß man mit den elektrischen Karren eine Ersparnis von rd. 100000 M erzielte oder von 50 Pf für 1 t. Dabei war die Anzahl der Arbeiter von 129 auf 79, also um 50 Mann, verringert worden. Diesen Ersparnissen stehen neue Ausgaben gegenüber, und zwar die Kosten für 2 Monteure, die abwechselnd Tag und Nacht Dienst tun und einen Helfer für den Unterhalt der Karren. Der jährliche Lohn betrug insgesamt 8126,76 M. An Strom wurden 3848,88 M ausgegeben. Die Reparaturen forderten 2471,16 M (einschließlich Öl, Anstrich, Akkumulatorensäure, destilliertes Wasser und kleinere Reparaturen). Also betrugen die Gesamtausgaben 14446,80 M und die reine Ersparnis betrug somit 84534,80 M in einem Jahr. Dieselbe Gesellschaft beschaffte später je 5 Karren auf ihren Übergangsstationen Salamanca und Marion. Die Ladebühne in Marion ist sehr schmal, nur 2,5 m. Es wurden für die Arbeit auf dem beschränkten Raum derartige Karren benutzt. Auf diesen beiden Bahnhöfen betrugen die Ersparnisse, welche man für das Bewegen der Güter erzielte, 0,661 Pf für 1 t bei einem täglichen Umsatze von etwa 408 und 57,3 Pf bei 544 t.

Die „Cunard-Linie“ stellte ebenfalls auf ihren Löschplätzen diese Karren in Dienst, und zwar 8 Karren mit ebenso vielen Führern, welche 32 Handkarrenarbeiter ersetzen mußten. Die Ladung bestand aus Kisten mit Makkaroni und Melonen, und diese mußte 45 bis 60 m von der Schiffseite aus befördert werden. Die Arbeitszeit währte von 1 bis 6 Uhr nachmittags und von 7 bis 11 Uhr nachmittags, zusammen 9 Stunden. Durch die Verwendung 8 solcher Karren mit elektrischem Antrieb erhielt man eine Ersparnis von 350,40 M in 9 Stunden oder von 4,88 M für eine Karre und Stunde. Bei längeren Wegen kann sich die Ersparnis noch erhöhen. Dies wurde durch die Tatsache bewiesen, daß, wenn diese Karren das Gut bis zum Speicher auf dem Löschplatz, eine

Entfernung von 180 bis 210 m, bringen mußten, jede Karre die Arbeit von 8 Leuten bewältigte, wodurch eine Ersparnis von 10,56 M für eine Karre und Stunde erzielt wurde.

Auch für die Beförderung von Rohmaterial, Erzeugnissen im Laufe der Fabrikation und fertigen Waren, eignen sich diese Karren vorzüglich, hauptsächlich in Maschinenwerkstätten, Gießereien usw. In einer derartigen Fabrikanlage beförderte eine Karre in einem Tage 2004 Kolli in 71 Ladungen im Gesamtgewicht von 65,54 t. Die Arbeitsdauer betrug 8 Stunden 36 Minuten und die Entfernung, die die Karre in beladenem Zustande zurücklegen mußte, 42,92 km. Jede Ladung bestand aus 28 Kolli von je ca. 32 kg, das Gesamtgewicht der Ladung betrug also etwa 907 kg. Die mittlere Entfernung war 604,4 m, welche innerhalb 7,25 Minuten zurückgelegt wurde.

Die in Abb. 11 dargestellte Transportkarre entspricht den neuesten deutschen Konstruktionen. Die Batterie wird in 4 Kasten von je 10 Zellen ein-

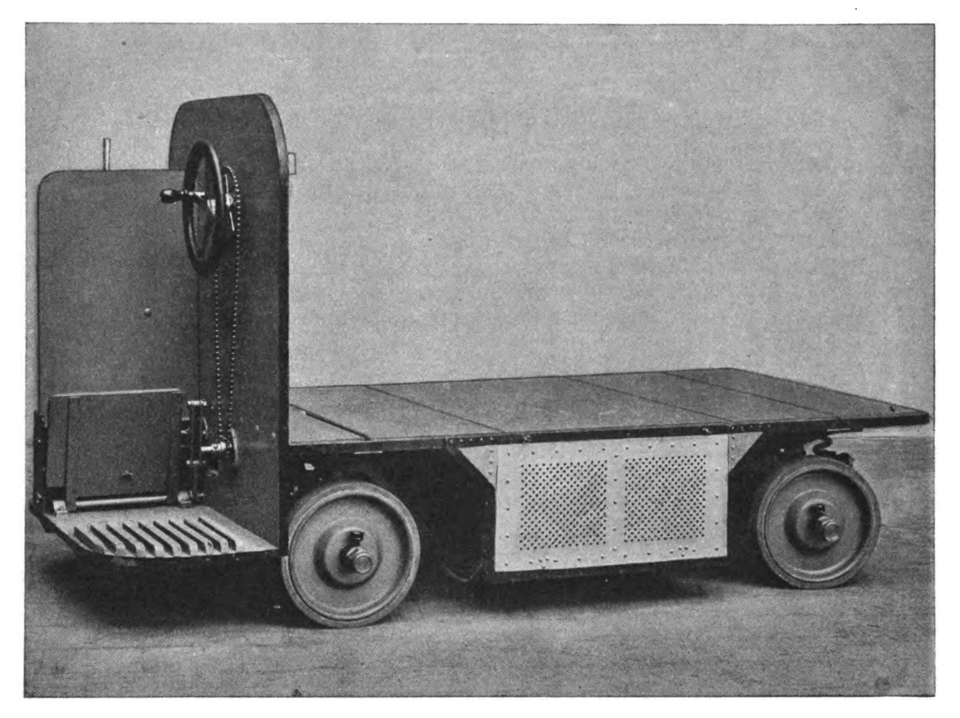


Abb. 11. Transportkarre mit elektrischem Antrieb.

gebaut und unter der Plattform angebracht. Jeder Kasten wiegt 70 kg, das Gesamtgewicht der Batterie 280 kg. Die Batterie hat eine Kapazität von 80 Ah, die Plattform eine Länge von 2,15 m und eine Breite von 1,15 m, die Entfernung dieser Plattform bis zur Bodenfläche beträgt 50 cm. Die ganze Länge der Karre ist 2,6 m und das Gewicht 1120 kg. Die Tragfähigkeit beträgt bis zu 1000 kg. Als Antriebskraft wird ein Elektromotor von 1,5 kW verwendet, bei 75 V Spannung und 1500 Umdrehungen in der Minute. Die 4 Räder, welche als Scheibenräder mit Gummireifen ausgebildet sind, werden alle durch den zentral gelagerten Elektromotor angetrieben und in 1 m-Kurven durch eine einzige Steuervorrichtung gelenkt. Vgl. S 130.

Motorschiffe mit elektrischem Propellerantrieb sind weiter ausgebaut worden. Es wird kaum ein günstigeres und elastischeres Zwischenglied zwischen dem starren Explosionsmotor und dem Schiffspropeller geben als die Zwischen-

schaltung von Dynamo und Elektromotor. Die weiteren Versuche auf diesem Gebiete sind jedenfalls aufmerksam zu verfolgen. Für Straßenfahrzeuge eignet sich die Konstruktion nur dann, wenn die Mehrgewichte das Fahrzeug nicht allzusehr belasten.

Für Gleisfahrzeuge spielt diese Übertragung die gleich gute Rolle wie bei Wasserfahrzeugen, insbesondere bei Dieselmotor-Fahrzeugen.

Die Elektrohängebahnen finden ihre weitere Entwicklung für besondere Fälle als Zwischenglied von erweiterten Laufkränen und beschränkten Seilbahnen.

Landwirtschaftlicher Betrieb, Hebe-, Transport- und Verlade-Vorrichtungen.

Von Privatdozent Georg v. Hanffstengel.

Landwirtschaftlicher Betrieb. Als Neuerungen beachtenswert sind die Versuche, die Zuführung des Stromes zu selbstfahrenden landwirtschaftlichen Maschinen zu erleichtern. Woyte[1]) verlegt entlang dem Wege, den die Maschine fahren soll, also z. B. entlang der zu pflügenden Furche, mit Hilfe zweier besonderen Mastenwagen eine Oberleitung, die an irgendeinem Punkt der Netzleitung der Überlandzentrale angeschlossen werden kann. Damit die Wagen sicher stehen, werden sie mit Gegengewichten versehen, die sich ausschwenken lassen. Wortmann[2]) setzt den Transformator, der den Strom der Netzleitung auf die Gebrauchsspannung herunterbringen soll, auf die fahrende Maschine selbst. Infolgedessen kann er den Strom mit hoher Spannung bis zur Maschine führen und erhält leichte Kabel, so daß die Maschine sehr beträchtliche Längen Kabel mitführen kann. Gleichzeitig wird durch das geringere Kabelgewicht die Eigenbeweglichkeit der Maschine erhöht und schließlich der Spannungsverlust herabgemindert. Von dieser Maschine können dann durch kürzere Anschlußkabel noch weitere Maschinen mit niedrig gespanntem Strom gespeist werden.

Es wurde ferner daran gearbeitet, die Vorrichtungen zum maschinellen Abladen von Heu u. dgl. zu verbessern. Man strebt dahin, den Motor entfernt von der eigentlichen Abladevorrichtung zu setzen, um die Brandgefahr durch Funkenbildung zu vermeiden, anderseits aber das Triebwerk so einfach und sicher wirkend als möglich zu gestalten.

Hebe-, Transport- und Verladevorrichtungen.

Verladekrane. Eine wichtige Neuerung sind die von E. G. Meyer entworfenen Doppelkrane, die im Hamburger Hafen bei einem neuen Schuppen ausgeführt sind und sich sehr gut bewährt haben. Man hat bisher bekanntlich in unseren Häfen nur Drehkrane benutzt, weil mit dem weit vorkragenden Ausleger auch sperrige Stücke von ganz beliebiger Länge gehoben und befördert werden können, und man wird diese Drehkrane auch wohl nie ganz entbehren können. Ihre bekannten Nachteile, daß sie infolge des großen Schwenkweges langsam arbeiten, daß der Weg unübersichtlich ist, und daß die Ausleger leicht mit der Schiffstakelage zusammenstoßen, sowie ihr großer Stromverbrauch haben aber nun dazu geführt, mit einem solchen Drehkran jedesmal auf demselben Gerüst einen Kran mit gradlinig fahrender Laufkatze, also eine Art Hochbahnkran, zu vereinigen. Der Kran hat einen wagerecht ausschiebbaren Ausleger; die Laufkatze wird von dem Führer begleitet, der jederzeit die volle Übersicht über die Last und die Vorgänge im Schiff hat. Darüber ist der Drehkran angeordnet. Die beiden Krane können gleichzeitig oder getrennt arbeiten. Im Betriebe hat sich gezeigt, daß die Laufkatzen sehr viel weniger Strom verbrauchen, und daß sie außerdem mehr Spiele in der Stunde ausführen können als ein Drehkran. Dazu kommt noch, daß ein Doppelkran, obwohl er mehr leistet als zwei Drehkrane, ganz erheblich billiger ist und weit weniger Raum einnimmt als diese. Sehr erwünscht wäre es, wenn man dahin käme, die Lauf-

katze durch den ganzen Schuppen laufen zu lassen und so den Weitertransport der Waren von Hand auszuschalten. Allerdings ist die Laufkatze dann infolge des langen Weges viel weniger leistungsfähig.

Das hier angestrebte Ziel, Heben und Transportieren mit einem und demselben Fördermittel durchzuführen, wird bekanntlich verwirklicht bei Elektrohängebahnen, die zum Ausladen von Flußschiffen sehr häufig benutzt worden sind. Das Gleis wird dann ungefähr über Schiffsmitte ein Stück parallel zum Ufer geführt; die Wagen können an jeder Stelle dieser auskragenden Strecke die Last heben und fahren damit weiter nach dem Bestimmungsort, ohne ihre Fahrtrichtung zu ändern. In neuerer Zeit ist man mit den Einzellasten und Geschwindigkeiten so weit heraufgegangen, daß Leistungen bis zu 100 t stündlich erreicht worden sind. Auch werden Elektrohängebahnen jetzt häufig für Selbstgreiferbetrieb gebaut. Da die Laufkatzen der Elektrohängebahn allerdings nicht von einem Führer begleitet werden, sondern automatisch fahren, so kommen fast durchweg Einseilgreifer zur Anwendung. Zweiseilgreifer würden den Bau der Katze zu sehr komplizieren.

Verwandte Ziele verfolgt die mehr und mehr zunehmende Einführung von Kabelkranen für Verladezwecke. Die Laufkatze fährt bei diesen Kranen, die für Bauzwecke schon seit langer Zeit benutzt werden, auf einem Seil, das beliebig weit gespannt werden kann, so daß es möglich ist, ohne Umladung vom Schiff auf ziemlich große Entfernung — mehrere 100 m — senkrecht zum Ufer zu fördern. Für geringe Spannweiten, unter 100 m, rentieren sich Kabelkrane kaum, weil die Türme an den Enden, die den Seilzug aufnehmen müssen, dann verhältnismäßig teuer werden, so daß die Ersparnis, die sich durch Verwendung des Seiles an Stelle einer starren Brückenkonstruktion ergibt, dadurch aufgezehrt wird. Ein von Bleichert & Co. in Leipzig an Borsig, Berlin-Tegel, gelieferter Kabelkran hat 220 m Spannweite und erzielt mit einem Selbstgreifer von 2 m^3 Inhalt eine Leistung von 30 t Kohle in der Stunde. Schwierigkeiten macht bei diesen Kranen namentlich die Zuführung des elektrischen Stromes zur Laufkatze, da das Seil und die Schleifdrähte bei Sturm starke Schwankungen ausführen. Die Stromabnehmer werden deshalb als kleine Wagen ausgeführt, die auf den Schleifdrähten oder auch auf besonderen Seilen rollen. Den Stand des Führers und die Hubwinde in einen der Türme zu verlegen, wobei Stromzuführung zur Katze nicht nötig wäre, empfiehlt sich bei Greiferbetrieb nicht, weil der Führer den Greifer immer vor sich haben soll. Nur die Fahrwinde, welche die Laufkatze hin- und herzieht, wird zuweilen in dem einen Turm untergebracht und durch besondere Einrichtungen von der Katze aus gesteuert. Die Kabelkrane können ebenso wie Verladebrücken verfahrbar gemacht werden.

Von Borchers ist in einem auf der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute gehaltenen Vortrag die Frage der Einführung der amerikanischen Hulettschen Entlader oder ähnlicher Konstruktionen in unsere Häfen erörtert worden. Diese Krane zeichnen sich dadurch aus, daß der Selbstgreifer nicht an Seilen, sondern an einem in das Schiff hinabragenden Maste befestigt ist und durch einen besonderen Elektromotor geschlossen wird. Dieser Motorgreifer kann mit beliebigem Druck auf das Fördergut aufgesetzt werden und dringt daher in schwer zu greifende Materialien sehr viel leichter ein. Bei der Entladung moderner Erzschiffe sind in Amerika Durchschnittsleistungen von 700 bis 800 t stündlich erzielt worden. Für unsere Kanalhäfen würde die Einführung dieser leistungsfähigen Maschinen von besonderem Werte sein, weil dadurch eine rasche Abfertigung der Kähne ermöglicht und der Kanal vor Verstopfungen bewahrt wird.

Pfahl[3]) beschreibt einen Selbstgreifer der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, der ebenfalls durch einen in das Triebwerk eingebauten Motor angetrieben wird, aber wie ein gewöhnlicher Greifer an Seilen hängt. Durch die Anordnung wird der Erfolg erreicht, daß der Seilzug nicht beim Schließen des Greifers vermehrt und der Druck der Schneiden auf das Fördergut daher nicht

verringert wird. Der Greifer hat 2 m^3 Inhalt, wiegt 6000 kg und hat bis zu 3150 kg Thomasschlacke gegriffen.

Bei Greiferwinden führt sich mehr und mehr elektrische Steuerung mit Magneten oder kleinen Motoren ein, die den Zweck hat, den Mann von der anstrengenden Arbeit des Einrückens der Kupplungen und Bremsen zu entlasten und ihm dadurch ein schnelleres Arbeiten ohne Ermüdung zu ermöglichen, wodurch sich die Leistung des Kranes bedeutend steigern läßt.

Wintermeyer[4]) beschreibt ein System Koloman Brüll, wonach ein Steuermotor eine Welle mit Exzentern dreht, durch welche die verschiedenen Bremsen und Kupplungen gelüftet werden. Der Mann hat nichts zu tun, als den Handgriff des Kontrollers zu bewegen. Bei einer Steuerung für Greiferwinden von E. Becker werden zwei Hubmotoren verwandt, und zwar in der Weise, daß jeweils eines der beiden Seile infolge Schwächung des Antriebsmotors nur mit so geringer Kraft angezogen wird, daß es straff auf die Trommel aufläuft, ohne das andere Seil bis zum Schlappwerden entlasten zu können. Außerdem werden an beiden Seilen Ausschalter angebracht, die bei den Greiferöffnungs- und Schließbewegungen, bei denen nur der Hauptmotor arbeitet, diesen stillsetzen, sobald das betreffende Seil schlapp zu werden beginnt.

Eisenbahnkrane. In Amerika werden für Eisenbahnen zum Aufräumen nach Unfällen fahrbare Krane benutzt in Form von Eisenbahnwagen, die an jedem Ende einen Wippausleger haben. Außer durch die Gesamtanordnung unterscheiden sie sich von den bei uns gebräuchlichen Eisenbahnkranen durch ihre gewaltige Tragkraft. Ein von den Industrial Works, Bay City, Michigan, gebauter Eisenbahnkran[5]) hat 100 t Tragkraft an jedem Ausleger. Er soll auf der Hauptlinie des elektrischen Teiles der New York Central-Eisenbahn gebraucht werden und eignet sich ganz besonders für Aufräumarbeiten in den Tunnels. Für den Fall, daß die dritte Schiene stromlos sein sollte, ist eine Akkumulatorenbatterie vorgesehen, die während 8 Stunden 75 A und als Höchstleistung während 2 Stunden 350 A hergeben kann. 4 Motoren von je 150 kW dienen zum Verfahren und 2 Motoren von je 110 kW zur Betätigung der Hubeinrichtungen. Bei Probeversuchen wurde eine Geschwindigkeit von 55 km/h erzielt, mit einer angehängten Last von 80 t. Die Höchstlast wird mit 4,5 m/min gehoben. Das Gesamtgewicht von Wagen und Kranen beträgt 172,5 t.

Baukrane. Jacobi[6]) bespricht die Entwicklung der Turmdrehkrane, die entweder so ausgeführt werden, daß die Kransäule sich in dem Turm dreht, oder so, daß die Kransäule den Turm umfaßt. Es werden 1 bis 3 Motoren angewandt, deren Leistung 5 bis 10 kW beträgt. Die Stromzuführung geschieht durch Schleifleitungen oder durch Anschluß mittels eines Kabels. Laufkrane, die weniger anpassungsfähig sind, haben den Turmdrehkranen fast ganz weichen müssen.

Für die neue Quebec-Brücke, die bei Neilsonville über den St. Lorenzstrom geschlagen wird, werden zwei gewaltige Turmkrane oder Hebetürme benutzt, die jeder 60 m hoch sind und ungefähr 840 t wiegen[7]). Die Krane sind aus Eisen konstruiert. Die elektrische Ausrüstung der Hebeeinrichtungen jedes Turmes bilden 26 Motoren von zusammen 550 kW. An jeder Ecke ist ein Derrick-Kran von 28 m Ausladung und 15 t Tragkraft angeordnet. Oben auf dem Turm, ungefähr 110 m über dem Strom, befinden sich 2 Laufkrane, die maximal 55 t heben, und außerdem einige Hilfskrane für 5 t Tragkraft. Bewegt werden die Türme durch zwei von den Motoren zu 37 kW, die sonst die Derrick-Krane antreiben. Auf jeder Seite wird der Brücke hochgespannter elektrischer Strom zugeführt und auf 250 V Gleichstrom transformiert. Die beiden Stationen an den Enden der Brücke sind durch ein Unterwasserkabel verbunden, so daß die eine Station die andere ersetzen kann. Zum Herunterbremsen der Lasten werden die Motoren benutzt; um Lasten festzuhalten, dienen magnetische Bremsen. 6 Mann stehen auf der Bedienungsplattform und 2 Mann an jedem Hauptkran. Durch eine Telephonanlage kann die Bedienungsmannschaft sich untereinander verständigen. Die verschiedenen Plattformen sind durch einen elektrischen Personenaufzug miteinander verbunden.

Wie schon erwähnt, werden auch für Bauzwecke neuerdings recht häufig Kabelkrane benutzt, und zwar sowohl zum Ausschachten als auch zum Betontransport. Es ist besonders vorteilhaft, daß die Krane sich für beide Zwecke gebrauchen lassen, da dies die Rentabilität der Anlage verbessert. Allerdings ist für den Erdaushub die erforderliche Leistung bedeutend größer als für die Zuführung des Betons während des Baues, so daß, wenn die letztere Arbeit für die Bestimmung der Förderleistung als maßgebend gilt, für die Ausschachtungen noch weitere Vorrichtungen beschafft werden müssen. Sehr gut eignen sich die Kabelkrane, die meistens elektrisch angetrieben werden, unter anderem zum Bau von Schleusen. Man stellt sie meistens so auf, daß sie das Schleusenbecken der Quere nach überspannen, wenn besondere örtliche Gründe vorliegen, aber auch wohl in der Weise, daß die Kabel der Länge nach über das Becken hinweggehen. Gut geeignet ist für solche Fälle die Bleichertsche Konstruktion[8]), bei welcher, um die teueren Einrichtungen zum Verfahren der Krane zu sparen, die Stützen so gelagert werden, daß sie sich seitlich ausschwenken lassen, und zwar soviel, wie die Breite der Hauptmauern beträgt.

Bauaufzüge. Schrägaufzüge zum Herausschaffen von Material aus der Baugrube bespricht Jacobi[9]). Bei der üblichen Hubgeschwindigkeit von 12 m/min werden beim einfachen Schrägaufzug 15, beim Doppelschrägaufzug 30 m^3 stündlich bei 10 bis 12 m Förderhöhe bewältigt. Der Kraftverbrauch ist 4,5 kW für den einfachen, 6 kW für den doppelten Aufzug. Der letztere hat 2 Laufbahnen und 2 Windwerke, aber nur einen Motor. Gesenkt wird die Last unter der Bremse. Die Aufzüge lassen sich fahrbar herstellen, wobei die in die Baugrube ragenden Laufschienen abnehmbar sind. Der Tiefe der Baugrube werden die Schienen durch Änderung ihrer Schräglage angepaßt. Bei manchen Konstruktionen wird der Kasten zwangläufig gekippt, eventuell unter automatischer Ausschaltung des Motors.

Bei dem Bauaufzug „Kletteraffe" der Baumaschinenfabrik Bünger, Düsseldorf, wird nach Jacobi[10]) eine Kletterstange verwendet, die aus runden eisernen Röhren besteht, die entsprechend der Förderhöhe nacheinander aufgebaut werden. An der Stange befindet sich eine Führungsschiene, die sich oben um 180° wendet, so daß die Last selbsttätig nach dem Gebäude hin geschwenkt wird, wenn sie oben ist. Sie läßt sich dann bequem durch den Träger abnehmen. Die obere Rolle kann der Drehbewegung der Last folgen.

Sackaufzüge. Zum Stapeln von Säcken haben sich seit einiger Zeit elektrisch betriebene Spezialelevatoren eingeführt, die aus einer in schräger Richtung unter einem beliebigen Winkel einstellbaren Förderleiter bestehen. Die Säcke gleiten auf einer glatten Holzbahn und werden durch Mitnehmer hinaufgeschleppt, die zwischen die beiden endlosen, ständig umlaufenden Förderketten eingehängt sind. Der jeweiligen Höhe des Stapels wird der Elevator durch Schrägstellen der Förderbahn angepaßt; häufig erhält der Elevator aber auch eine ausschiebbare Verlängerung. Das ganze Gestell kann auf dem Boden des Schuppens verfahren werden. Die Elevatoren sind nicht teuer und werden sich überall rentieren, wo sie nur einigermaßen ausgenutzt werden können, vorausgesetzt, daß die Stapelhöhe mindestens etwa 5 m beträgt. Nachteilig ist, daß in engen Schuppen mit vielen Säulen der Elevator sich nicht gut bewegen läßt, und daß namentlich solche Elevatoren, die nicht ausschiebbar sind, die also bei niedrigem Stapel ziemlich flach gestellt werden müssen, einen ziemlich großen freien Raum zwischen dem Ende des Stapels und der Rückwand des Schuppens bedingen. In diesem Raum muß mit der Hand gestapelt werden, wenn der Schuppen ganz ausgenutzt werden soll. Amme, Giesecke & Konegen, Braunschweig, benutzen daher zum Stapeln leichte fahrbare elektrische Winden und führen das Seil über versetzbare Rollen, die am Gebälk des Schuppens angebracht werden.

Verschiedene Hebevorrichtungen. Eine Ablademaschine von Paul Weyermann, Berlin-Tempelhof, wird von Jacobi[11]) beschrieben. Die Einrichtung

besteht aus einem einfachen Gerüst mit Laufkatze und elektrischer Winde; der Wagen, der ausgeladen werden soll, kann sowohl unter das Gerüst wie auch unter den vorkragenden Ausleger gefahren werden. Auch kann der Kran aus einem Gebäude auskragen und die Last von außen hereinbefördern. Der Antriebsmotor hat eine Stärke von 7,5 kW für 20 m/min Hubgeschwindigkeit. — Eine elektrisch betriebene Hebe- und Senkvorrichtung für Koksofentüren ist von der Firma Siemens & Halske[12]) auf den Oberschlesischen Kokswerken in Zabrze eingerichtet worden. Benutzt werden zwei Gichtglockenwinden der Siemens-Schuckertwerke, Typ GWD 1, bei denen der Motor direkt auf ein Schneckengetriebe arbeitet und auf der Welle des Schneckenrades die Trommel sitzt. Das Seil ist mit einer Windung um die Trommel geschlungen und mit einem Gewichte belastet, so daß es durch die Seilreibung mitgenommen wird. Die Zugseile greifen an Flacheisenstangen an, die entlang der Ofenbatterie an deren verlängerten Ankerständen auf Rollen gelagert sind, so daß sie sich leicht bewegen können; die Tür, die bedient werden soll, wird mit einer Kette in das Flacheisen eingehängt. Die Einschaltung bzw. Umsteuerung erfolgt durch Ölumschalter, die mit Gasrohrgestängen verbunden sind, welche an der Eisenkonstruktion entlang liegen und durch Handhebel, die in kurzen Entfernungen sitzen, gedreht werden können. — Ein neuerer Gießwagen, der von der Deutschen Maschinenfabrik, Duisburg, ausgeführt ist[13]), weist die Eigentümlichkeit auf, daß rein elektrischer Antrieb angewandt wird, an Stelle der sonst üblichen hydraulischen Vorrichtung zum Heben der Pfanne. Die alte Anordnung wäre wegen des vorgeschriebenen großen Pfannenhubes von 1600 mm bei nur 4550 mm größter Bauhöhe nicht ausführbar gewesen. Die Pfanne ruht in einem kleinen Fahrgestell auf einem Ende eines Balanciers, dessen Heben und Senken durch ein an dem anderen Ende angreifendes elektrisch angetriebenes Spindeleinziehwerk bewirkt wird. Durch eine Lenkvorrichtung wird die Pfanne beim Schwenken des Balanciers zwangläufig parallel geführt. Der Antrieb des Fahrwerkes erfolgt durch je einen Motor für die beiden Fahrgestelle, die zusammen 8 Räder haben. Die Vorgelegewellen sind in den Balanciers der Laufräder gelagert, zu dem Zwecke, die schädlichen Einwirkungen, welche die ungleiche Bewegung der Laufräder auf die Wellenlager des Antriebes ausübt, zu mildern. Unebenheiten im Gleis machen also wenig aus.

Fördermaschinen. Für den Antrieb von Fördermaschinen in Bergwerken hat der Drehstrom-Kommutatormotor, der sich im übrigen fast genau wie ein Gleichstrom-Reihenschlußmotor verhält, den Vorzug, daß sich die Geschwindigkeit sowohl beim Heben wie auch beim Bremsen durch Verschieben der Bürsten beliebig regeln läßt. Man kann also mit dem Motor die Geschwindigkeit konstant halten, auch dann, wenn der Motor von der Last angetrieben wird. Durch eine neue Steuerung der Bergmann-Werke wird dies nach Lohmann[14]) automatisch in folgender Weise erreicht.

Die Steuerung beruht auf der Anwendung eines Differentialgetriebes, auf das einerseits ein kleiner Gleichstrom-Hilfsmotor, anderseits der Haupt-Kommutatormotor arbeitet. Läuft der letztere schneller oder langsamer als der Hilfsmotor, so dreht sich das Gehäuse des Differentialgetriebes und wirkt auf die Bürsten in der einen oder anderen Richtung ein, bis der Hauptmotor dieselbe Tourenzahl angenommen hat wie der Hilfsmotor. Die Steuerung des Hilfsmotors hat also dieselbe Wirkung, wie wenn der Hauptmotor direkt gesteuert würde. Bleibt die Geschwindigkeit des Hilfsmotors konstant, so wird dadurch auch die des Hauptmotors automatisch auf gleicher Höhe gehalten. Die Umlaufzahl des Hauptmotors ist demnach direkt proportional dem Ausschlagwinkel des Steuerhebels, der auf den Hilfsmotor wirkt, unabhängig von der Belastung.

Das Anfahren und Abstellen geschieht mittels besonderer Apparate zwangläufig, so daß der Maschinist keine Fehler machen kann. Die Abstellvorrichtung bringt die Fördermaschine selbsttätig zum Stillstand. — Philippi[15]) beschreibt einen Steuerapparat der Siemens-Schuckertwerke für Drehstrom-Kommutatormotoren, wonach die Steuerung mittels eines Fliehkraftreglers von der

Geschwindigkeit abhängig gemacht wird. Mit dem Regler stehen 3 Kontaktstufen in Verbindung, so daß zunächst ein Warnungssignal gegeben, dann der Steuerhebel zurückgeschoben und schließlich die Sicherheitsbremse zum Einfallen gebracht wird.

Der Nachteil, den die Leonard-Schaltung mit schwungradlosem Umformer gegenüber dem Drehstrom-Kommutatormotor hat, daß der Umformer Platz und Energie beansprucht, kann nach Philippi[15]) dadurch beseitigt werden, daß man die Vorrichtung, die an sich sehr einfach ist, in den Keller legt und sie, wenigstens bei schwacher Förderung oder größeren Pausen, nach jedem Zug abstellt. Während man bei Schwungradumformern ursprünglich, um die Reibungsverluste zu vermindern, Öl unter die Lagerzapfen des Schwungrades preßte, hat man jetzt sehr große Anlagen mit einfachen Ringschmierlagern ausgeführt, so auf Deutscher Kaiser für eine Schachtteufe von 660 m, 4400 kg Nutzlast, 15 m/sec Fördergeschwindigkeit, 46 t Schwungradgewicht, Umformerdrehzahl 375, und für die Gewerkschaft Ickern bei Dortmund für 500 m Teufe, 3600 kg Nutzlast, 14 m/sec Geschwindigkeit, 22,4 t Schwungradgewicht, Umformerdrehzahl 600.

Der bei Leonard-Schaltung übliche Sicherheitsapparat, bei welchem der Steuerhebel während der Anfahrperiode durch einen von der Spindel des Teufenzeigers betätigten Anschlag nur so langsam freigegeben wird, daß die gewünschte Beschleunigung nicht überschritten werden kann, ist von den Siemens-Schuckertwerken noch in der Weise ergänzt worden, daß durch geeignete Retardierkurven ein zu rasches Anfahren auch unabhängig von dem Teufenzeiger verhindert wird. Dies ist wichtig, wenn die Maschine in Zwischenstellungen stillgesetzt oder auf langsamere Fahrt gebracht werden muß.

Ausführlich behandelt Boye[16]) die Sicherheitseinrichtungen für elektrische Fördermaschinen. Fritze[17]) veröffentlicht ein neues Rechenverfahren zur einfachen und raschen Ermittlung von Förderdiagrammen für Motoren mit Reihenschlußcharakteristik unter Zugrundelegung einer Parabel für die Linie der Umlaufzahl während des Anlaufens der Maschine. Das Verfahren wird an Hand von praktischen Beispielen für Koepescheiben, zylindrische Trommeln mit und ohne Unterseil, Bobinen und konische Trommeln erläutert und mit einem von Kopcynski angegebenen Rechenverfahren verglichen.

Löffelbagger, mechanische Schaufeln u. dgl. Sowohl durch theoretische Überlegungen wie auch durch praktische Vergleiche kommt man durchweg zu dem Resultat, daß sich der elektrische Betrieb bei Löffelbaggern erheblich billiger stellt als Dampfbetrieb, und zwar vor allem, weil weniger Bedienungsmannschaft gebraucht wird, dann aber auch wegen der geringeren Reparaturen. Rogers[18]) berechnet an einem Beispiel, daß die Ersparnis gegenüber Dampfbetrieb bei Gleichstrom 3400 M und bei Drehstrom 2050 M im Jahr sein würde. Sehr interessant sind die Ergebnisse bei der von der Regierung der Vereinigten Staaten unternommenen Minidoka-Bewässerungsanlage[19]), wo Kratzeimerbagger, bei welchen der Eimer an Seilen hängt und gegen die Antriebsmaschine hingezogen wird, mit Dampf- und elektrischem Antrieb nebeneinander arbeiten. Wegen des bedeutend höheren Preises der elektrischen Maschinen hätte sich deren Anschaffung nicht gelohnt, wenn nicht wenigstens etwa 150000 m^3 für jede Maschine zu bewegen gewesen wären. Tatsächlich entfallen mehr als 220000 m^3 auf eine Maschine. Die Kosten stellten sich folgendermaßen:

	Kosten in Pfennig für 1 m^3 Baggergut bei Antrieb durch	
	Dampf:	el. Strom:
Arbeitslöhne	19,8	11,2
Kraftverbrauch	20,4	6,7
Verschiedenes	6,5	2,8
Abschreibung	6,1	13,2
Überwachung und Verwaltung	7,8	5,0
	60,6	38,9

Die Ersparnis wird also vor allem durch die Verminderung der Arbeitslöhne und der Kraftverbrauchskosten erzielt.

Diese Kratzeimerbagger haben in Amerika sich deshalb besonders eingeführt, weil dort unsere Eimerkettenbagger wenig gebräuchlich sind. Sie haben diesen gegenüber aber auch noch den Vorteil, daß die Böschung ganz beliebig gestaltet werden kann. Sie entsprechen in jeder Beziehung den bekannten Löffelbaggern, nur daß sie als Tiefbagger, jene dagegen als Hochbagger arbeiten. In El. Kraftbetr.[20]) wird eine Anlage beschrieben, bei der ein 13,5 m langer Fachwerkausleger mit einem Kübel von 1 m³ benutzt wird. Der Hubmotor hat 37, der Schleppmotor 15, der Schwenkmotor 15 kW. Das Verfahren des Baggers besorgt die Schleppwinde, wobei der Kratzeimer als Anker dient. Der Kraftaufwand für Förderung und Verladung von 1 m³ Material wird mit 0,92 kWh angegeben, während bei einem Eimerkettenbagger kaum mehr als 0,5 kWh zu rechnen sind.

Verschiedene Konstruktionen sind ausgeführt worden, um die Entleerung des Eimers bei Löffelbaggern zu verzögern, beispielsweise dadurch, daß man Schieber statt Klappen anwendet. Hierdurch bietet sich noch der Vorteil, daß es möglich ist, den Inhalt einer großen Schaufel auf zwei kleinere Wagen zu verteilen. Jacobi[21]) beschreibt einen Löffelbagger mit verzögerter Entleerung, bei dem die Klappe geteilt ist. Die größere Klappe, die sich zuerst öffnet, schlägt mit einem Ansatz nach kurzer Bewegung unter die kleine Klappe, die zunächst nicht so rasch folgen kann, weil das Gewicht des Fördergutes noch auf ihr ruht, und die daher der großen Klappe erst nach und nach die volle Öffnung gestattet.

Die elektrische Schaufel von Myers-Whaley[22]) stellt eine der vielen, in den letzten Jahren versuchten Lösungen zum mechanischen Aufschaufeln von Materialien dar. Die Maschine kann über und unter Tage arbeiten, ist allerdings wegen der großen Abmessungen nur für mächtige Flöze brauchbar. Das Gewicht beträgt 2,7 bis 3,2 t, die Länge 5,8 m, die Breite der Maschine 1,3 m, die Schaufelbreite 0,7 m, die Höhe über Schienenoberkante etwa 1,2 m. Die Schaufel, die an einem Ausleger sitzt, greift das Material auf und wirft es in eine Transportrinne, die es dann einem Förderband an einem anderen Ausleger übergibt. Beide Ausleger sind schwenkbar.

Eimerkettenbagger. Gardner und Shepard[23]) beschreiben einen neuen, ganz ungewöhnlich großen schwimmenden Bagger, der auf dem Yuba-Fluß in Kalifornien arbeitet und außer der Eimerleiter eine vollständige Goldwaschanlage sowie eine Einrichtung trägt, um die Abfälle hinter dem Bagger aufzustapeln. Der Bagger kann sich beliebig weit in das Land hineingraben, indem er mit dem Flusse immer durch einen Kanal in Verbindung bleibt. Er arbeitet sich vorwärts mit Hilfe zweier mächtiger Stelzen, die abwechselnd vorgeschoben und zurückgezogen werden. Die Eimer halten 0,45 m³ und die Leistung, für welche der Bagger berechnet ist, beträgt 7700 m³ täglich. Während die älteren Maschinen meist hölzerne Rümpfe hatten, ist dieser Bagger ganz aus Eisen gebaut. Als Antriebsmittel dient Drehstrom von 4000 V, der durch ein über Pontons verlegtes Kabel nach dem Bagger geleitet wird. Auf dem Bagger wird der Strom auf 460 V für die Arbeitsmotoren und 230 V für die Beleuchtung transformiert. Zum Hauptantrieb des Baggers dient ein Motor von 300 kW und 514 Umläufen, für den Antrieb der Pumpen verschiedene Motoren von 7,5 bis 110 kW, die alle direkt mit den Pumpen gekuppelt sind. Dazu kommen noch die Motoren für den Antrieb der Siebe und für die Heb- und Schwenkvorrichtungen.

Der Bagger arbeitet Tag und Nacht mit 3 Schichten, derart, daß 85 bis 88% der gesamten Zeit ausgenutzt werden. Das Gesamtgewicht beträgt ungefähr 2000 t.

[1]) Woyte, DRP 272844. — [2]) Wortmann, DRP 273569 u. 274666. — [3]) Pfahl, Z. Ver. D. Ing. 1913, S 1182; vgl. auch DRP 220729. — [4]) Wintermeyer, Helios Fachz. 1914, S 239. — [5]) Industrial Works, El. World, Bd 63,



S 1268; El. Kraftbetr. 1914, S 438. — [6]) Jacobi, Helios Fachz. 1914, S 357. — [7]) El. World, Bd 63, S 1455. — [8]) Bleichert, DRP 271069. — [9]) Jacobi, Helios Fachz. 1914, S 367. — [10]) Jacobi, Helios Fachz. 1914, S 385. — [11]) Jacobi, Helios Fachz. 1914, S 382. — [12]) Mitt. Siemens & Halske 1914, S 171. — [13]) Stahl u. Eisen 1914, S 1264. — [14]) Lohmann, El. Kraftbetr. 1914, S 81. — [15]) Philippi, ETZ 1914, S 500. — [16]) Boye, Helios Fachz. 1914, S 249, 266. — [17]) Fritze, Z. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 740, 790. — [18]) Rogers, Gen. El. Rev. 1914, S 680. — [19]) Engineering Record, 26. 12. 1914. — [20]) El. Kraftbetr. 1914, S 137. — [21]) Jacobi, Helios Fachz. 1914, S 357. — [22]) Myers-Whaley, ETZ 1914, S 685. — [23]) Gardner u. Shepard, Gen. El. Rev. 1914, S 436.

Maschinenantrieb in Fabriken, Pumpen, Werkzeugmaschinen und elektrische Werkzeuge.

Von Privatdozent Dr.-Ing. A. Brückmann.

Maschinenantriebe. Der Elektromotor erfreut sich stets steigender Beliebtheit in seiner Anwendung. Während früher besonders auf bequeme Leitungsführung, Wegfall der Transmissionen und der mit ihnen verbundenen Verluste hingewiesen wurde, wird neuerdings mit Recht die große Anpassungsfähigkeit des Motors in bezug auf Geschwindigkeit und Konstruktion, die es ermöglicht, ihn mit der angetriebenen Maschine zu einem einheitlichen Ganzen zu verschmelzen, betont.

Pumpen und Wasserhaltungen. Die Wasser- und Kanalisationswerke größerer Städte [1]) bis [4]) verhielten sich aus Bedenken gegen die unbedingt erforderliche Betriebssicherheit bisher ablehnend gegen den elektrischen Antrieb. Zieht man aber auch die wirtschaftliche Seite in Betracht, so stellen sich die erforderlichen Reservemaschinen mit elektrischem Betrieb wesentlich billiger in der Anlage als bei anderer Antriebsart. Auch der Betrieb stellt sich billiger in Anbetracht der Hauptstromentnahmezeiten (Hochsommer-Tageszeiten), da von dem Kraftwerk der willkommene Ausgleichsverbraucher einen niedrigen Tarif erzielen wird. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit, die Grundwasserpumpen unter Vermeidung langer Saugleitungen in den Brunnen selbst aufzustellen und sie selbsttätig in und außer Betrieb setzen zu können. Dadurch wird es möglich, die Heberleitungen großen Querschnittes durch schwache Druckleitungen zu ersetzen. Häufig werden Kolbenpumpen noch bevorzugt, die bei großen Leistungen von langsamlaufenden Motoren direkt angetrieben werden. Für Abwasserpumpen, die mit Rieselfeldern oder Kläranlagen in Verbindung stehen, empfiehlt sich, da die zu fördernde Wassermenge stark veränderlich ist und die Widerstandshöhe der Druckleitung mit der geförderten Menge wächst, ein weit unterteilter elektrischer Betrieb. In Boston wurde mit Vorteil eine Hochdruckanlage für Löschzwecke[5]) [6]) in Betrieb genommen, bei der der erforderliche Druck von 21 Atm. in 45 s hergestellt werden kann. Aus Gründen der Betriebssicherheit besitzen die sechs Pumpensätze zweifachen von verschiedenen Kraftwerken gespeisten Motorantrieb. Jede Pumpe ist imstande bei 520 bis 590 kW Antriebsleistung 13,6 m^3/min zu liefern. In den Vereinigten Staaten kommt die künstliche Bewässerung[7]) mehr und mehr in Aufnahme, wodurch weite Strecken brachliegenden Landes nutzbar gemacht werden. Die größte Pumpenanlage der Welt besitzt der Gemeindebezirk in West-Idaho[8]) mit neun Pumpen in vier Gruppen mit 53, 30, 18 und 32 m Druckhöhe. Die größte Station dieser Gegend leistet rd. 40000 m^3 stündlich, was einer Wasserversorgung einer Dreimillionenstadt entsprechen dürfte. Auch in Deutsch-Ostafrika[9]) soll die entweder vertrocknete oder in der Regenzeit unter Wasser stehende Mkattasteppe südöstlich des Viktoriasees durch eine elektrische Wasserhaltung für Baumwollgewinnung nutzbar gemacht werden. Das Projekt besitzt dadurch besonderes Interesse, daß die Wassermengen sich selbst über die Wasserscheide am Viktoria-Njansasee hinweg heben sollen, wobei noch Kraft für Eisenbahnen und Industrie gewonnen wird. Die Schleusenanlagen

des Panamakanals[10]) werden ebenfalls elektrisch betrieben. Die Kraftverteilung erfolgt mit 44000 V, die Abgabe mit 2200 V. Besondere Beachtung verdienen die Schaltanlagen, die auf dem Mitteldamm jeder Schleuse errichtet sind. Sie enthalten eine verkleinerte, aber getreue Nachbildung aller Schleusenapparate und zeigen damit stets die Stellung von Toren, Wasserhöhen in den Kammern u. a. m. mit Hilfe besonders ausgebauter Übertragungsapparate an. Die Reihenfolge der einzelnen Schaltvorgänge ist durch Verriegelung bestimmt. Auch für die Tiefgründungstechnik und Grundwasserhaltung kommen elektrische Pumpenanlagen vermehrt in Aufnahme; so wurde beim Bau der Schöneberger Untergrundbahn am Nollendorfplatz[11]) eine Absenkung des Grundwasserspiegels um 7,5 m in zwei Stufen von 4 und 3,5 m mittels mehrerer hundert Brunnen ausgeführt. Für Monumentalbrunnen[12]) wie beispielsweise in Berlin den Märchenbrunnen im Friedrichshain, den Herkulesbrunnen am Lützowplatz und andere wird der elektrische Antrieb angewandt, ebenso wie für kleine Zimmerbrunnen, die dadurch den Vorteil der Ortsbeweglichkeit erhalten und gleichzeitig elektrisch beleuchtet werden können. Die Anlage von Hauswasserversorgungen[13]) [14]) erfreut sich steigender Beliebtheit bei einzelstehenden Villen und schwieriger Wasserversorgung in den bereits früher (JB 1913, S 112) besprochenen Formen. Eine neuere Ausführungsform der Abteufpumpen beschreibt Wroe[15]). Die beiden Abteufpumpen fördern das Wasser 265 m auf die 183 m Sohle, von dort übernimmt eine horizontale Sulzer-Pumpe die Förderung bis über Tage. Die Kreiselpumpen sind innerlich wegen des hohen Sandgehaltes des Wassers mit harter Phosphorbronze ausgekleidet oder aus diesem Material hergestellt, die vollständig gekapselten Antriebsmotoren besitzen Wasserkühlung und einen Ventilator in Verbindung mit dem Rotor zur Ausgleichung der Temperatur im Innern des Motors.

Fächer und Gebläse. Die Anwendung elektrischer Fächer[16]) erstreckt sich auf immer ausgedehntere Gebiete. In Warenlagern[17]) dienen sie zur Beförderung von leichten Stoffen, zum Kühlen und zum Absaugen von Dämpfen. In Eisfabriken[18]) werden die im Kern des Kunsteisblocks enthaltenen Verunreinigungen durch Luftstrom entfernt, und ein sehr aussichtsreiches und ausgedehntes Verwendungsgebiet bieten die Lüftungseinrichtungen größerer Handelsdampfer[19]) und Kriegsschiffe. Eine Steigerung der Erzeugnisse wird in Ziegeleien[20]) dadurch erreicht, daß die Brennöfen, die früher zur Abkühlung sich selbst überlassen wurden, jetzt durch Fächer Frischluft zugeführt erhalten. Die erwärmte Abluft wird zur Heizung der Trockenkammern nutzbringend verwendet. Eine neue Art des Kreiselgebläses stellt das Schlottergebläse[21]) dar, das sich durch hohen Wirkungsgrad und hohen Druck auszeichnet. Im Gegensatz zu den üblichen Ausführungen besitzt es einen Leitapparat, dessen Schaufeln die Schaufeln des Laufrades stets senkrecht schneiden. Der Luftstrom, der in Fäden zerteilt mit Drehung und schwach konvergent das Leitrad verläßt, erhält in ihm noch weitere Beschleunigung. Bei der einstufigen Ausführung ist bei 300 mm Wassersäule ein Wirkungsgrad von 80% erreicht gegen 20 mm Wassersäule und 50% bei den sonst üblichen Schraubengebläsen. Die austretende Luft wird zweckmäßig noch durch eine besonders bemessene Düse geführt. Die Förderrichtung ist ohne weiteres umkehrbar, wobei allerdings in der nicht normalen Richtung die geförderte Menge auf den 0,5 bis 0,66fachen Betrag vermindert wird. Die Gebläse arbeiten häufig mit hohen Umfangsgeschwindigkeiten (bei 1 m Durchm. bis zu 110 m/s) und werden dann mit stahlbewehrtem Laufrad aus Leichtmetallegierung ausgerüstet. Bei derartig hohen Umfangsgeschwindigkeiten ist der Betrieb jedoch mit starkem Geräusch verbunden. Bei einem Kraftbedarf von 5,2 kW sind bei 4950 Umdr. (Antrieb durch Luftturbine) 11000 m³/h bei 100 mm WS und bei 2800 Umdr. (Antrieb durch Einphasenmotor) 16500 m³/h bei 40 mm WS erreicht worden.

Eis- und Kühlanlagen. Eine besondere Rolle spielt die Gewinnung von Natureis und die Erzeugung von Kunsteis in den Vereinigten Staaten. In beiden Betrieben hat die Anwendung der Elektrizität weitere Fortschritte

gemacht. Die schiefe Förderebene zum Lagerhaus[22]) wird erfolgreich mit Elektromotor statt durch Dampf betrieben, wobei sich ein Kostenaufwand von 3,1 Pf für die geförderte Tonne ergibt. Das Zerschneiden des Eises[23]) in die zur Lagerung geeigneten Blöcke geschieht zweckmäßig kurz vor Übergang zu der Förderbahn, da erfahrungsgemäß vorher zerschnittene Blöcke in dem Zubringekanal leicht wieder zusammenfrieren. Dieser Arbeitsvorgang wird durch zwei mit Kreissägen in passendem Abstand (1 m bzw. 0,5 m) besetzte Wellen, die von einem Motor zu 26 kW angetrieben werden, ausgeführt. Eine Scholle, wie sie der Kanal heranführt, wird in ½ Minute in 63 lagerfähige Blöcke von 70 × 50 cm bei 30 cm Stärke zerlegt. Die Kunsteisherstellung[18]) mit elektrischem Antrieb bietet eine wünschenswerte Verbesserung der Belastungskurve der Kraftwerke, da zahlreiche Eiswerke 24stündigen Betrieb haben. Im Winter wird häufig der Betrieb bei verringerter Nachfrage oder Heranziehung von Natureis in der Spitzenzeit von 4 bis 8 Uhr stillgelegt. Der Kraftbedarf für eine Fabrik von 150 t täglich beläuft sich für den Antrieb je einer Eismaschine von 50 bzw. 100 t auf 110 kW bzw. 220 kW. Bei Verwendung von Rohwasser werden beim Gefrierprozeß die Verunreinigungen selbsttätig ausgeschieden. Um sie am Miteinfrieren zu verhindern, wird durch die Gefrierformen ständig ein Luftstrom von 1,3 Atm. geleitet. Dazu dienen zwei Motoren von je 5,5 kW. Für den Umlauf der Kältelösung sorgen drei Pumpen mit elektrischem Antrieb von je 3,7 kW. Die Preise einer größeren Fabrik im Süden der U. S. A.[24]) stellen sich bei 20000 t im Jahr auf 32 M/t, während von Händlern in Großstädten des Nordens für Natureis bei einem Umsatz von 30000 t 48 M gefordert werden, ein Beweis, daß der elektrische Betrieb mit Natureis in Wettbewerb treten kann. Dabei stellt das Kunsteis ein in bezug auf Reinheit überlegenes, sonst aber dem Natureis gleichwertiges Erzeugnis dar und besitzt gegenüber dem häufig als Natureis vertriebenen gepreßten Schnee den Vorteil des langsameren Abschmelzens. Für künstliche Eislaufflächen[25]) werden ebenfalls elektrische Maschinen angewandt, da meist die Bedingungen hierzu günstig, wenn nicht sogar zwingend sind. Durch elektrische Beleuchtung in verschiedenen Farben lassen sich die gewünschten Wirkungen wie Mondlicht u. a. sehr gut erreichen. Im Sommer kann die Kälteanlage zur Herstellung von Kunsteis verwandt werden. Auch für Gasthofbetrieb und in Haushaltungen[26]) sind Kühlanlagen in Form von Schränken, die gleichzeitig in geringen Mengen die Eiserzeugung gestatten, ausgeführt.

Metallbearbeitung. Die Frage, ob Gruppen- oder Einzelantrieb[27]) [28]) [29]) vorzuziehen ist, wird immer noch lebhaft erörtert. Loß[30]) gibt zwei Formeln an, nach denen die Lösung der Frage auf Grundlage der vorhandenen Bedingungen möglich ist, unter der Voraussetzung, daß der Verbrauch der Motoren, Energiebedarf der Maschinen und der Transmissionen bei Gruppenantrieb bekannt ist. Bei geeigneter Wahl des Motors[31]) [32]) und durch selbsttätige Regelung der Geschwindigkeit läßt sich die Erzeugung nach Untersuchungen um 35 bis 100% steigern. Für Werkstättenantrieb empfiehlt sich fast stets die Aufstellung eines Umformers an Stelle des direkten Anschlusses an Drehstrom wegen der besseren Geschwindigkeitsregelung der Gleichstrommotoren. Eine einheitliche Spannung, beispielsweise 220 V bis 15 kW, darüber 440 V, läge im Interesse der Werkzeugmaschinenfabrikanten. Allein durch Fortfall der Riemen trat in einer Schrauben- und Mutternfabrik[33]) eine Erzeugnissteigerung um 4,2% ein, durch Geschwindigkeitsanpassung ließ sich der erzielte Reingewinn um 60% erhöhen. Die Anlage von Versuchsständen besonderer Ausführung[34]) bietet keinerlei Schwierigkeit. Auf die Anbringung des Motors an Wand oder Decke[35]) sowie die Ausbildung von Spannrollen und Verminderungsgetrieben ist seitens der Maschinenfabriken weitere Aufmerksamkeit verwandt worden. Die früher beliebte Anwendung von Verbundmotoren hat sich nach neueren Versuchen von Merrill[36]) als nicht erforderlich erwiesen, und kommt nur in seltenen Fällen in Frage. Ein vorzügliches Beispiel von konstruktiver Anwendung des Elektromotors bildet die hydraulische ortsbewegliche Nietmaschine von Spill-

mann[37])[38]), bei der ein Motor von 2,2 kW mit Pumpe bei gleichbleibender Geschwindigkeit die Druckflüssigkeit liefert. Die Steuerung geschieht allein durch Kurbelschleife an der Kolbenpumpe. Für Handmaschinen finden kleinste Motoren die vielseitigste Anwendung, so z. B. in den Rostentfernern[39]) von Hermann Heuser & Co., Hamburg, oder Bader & Halbig, Halle, die beide durch Motoren von 0,2 kW Klopfer oder Stahldrahtbürste zum Entfernen von Kesselstein, Rost und Farbe an Schiffskörpern und Eisenkonstruktionen u. dgl. betreiben. Zum Putzen von Gußstücken, Beschlägen und Schaufenstern dient eine kleine Handschleifmaschine[40]) in drei Ausführungen mit 0,2, 0,35 und 0,75 kW Antrieb.

Holzbearbeitung. Die Holzfällereien sind nunmehr auch durchweg zur Annahme des elektrischen Betriebes gelangt, nachdem sie lange zähe an althergebrachten Formen festhielten. Bei elektrischer Förderung an Stelle der durch Tiere[41]) lassen sich erhebliche Ersparnisse erzielen. Besonders die ausgedehnte Holzgewinnungsindustrie Amerikas[42]) bedient sich in wachsendem Maße des elektrischen Antriebs. So sind allein in Washington, Oregon und Kalifornien, den drei Hauptbezirken für Holz, 180000 kW an Motoren im Betrieb. Für Amerika eigentümlich ist die Anwendung fahrbarer, in Güterwagen eingebauter Hochspannungs-Transformatorstationen von 11000 V Ober- und 2200 V Unterspannung. Eine fahrbare kleine Brennholzkreissäge[43]) für landwirtschaftliche Betriebe bringt die AEG neuerdings in den Handel.

Steinbearbeitung. Die Lage von Ziegeleien, Tonwarenfabriken und Zementwerken[44]) ist im wesentlichen durch die Rohstoffe und den Wasserweg bedingt, während die Kohle meist größere Wege zurücklegen muß. Es empfiehlt sich daher von selbst, die Kraft größeren, günstig gelegenen Kraftwerken zu entnehmen. Die Tongewinnung erfolgt durch elektrischen Bagger[45]), wobei erforderlichenfalls Grundwasserabsenkung zu Hilfe genommen wird[20]). Filterpressen erhalten durch direkten Motorantrieb eine wesentlich erhöhte Leistung; die infolge des Staubgehalts der Luft hohen Gleitverluste auf glatten Scheiben und großen Verschleiße an Riemen entfallen. Bei elektrischem Betrieb kann die Anlage der Fabrik[46]) dem Arbeitsvorgang angepaßt werden, während bei Dampfbetrieb auf den Kraftbedarf (für Mühlen 200 bis 900 kW) einzelner Maschinen bezüglich ihrer Entfernung vom Kesselhaus Rücksicht genommen werden muß. Naturgemäß kommen nur staubdicht gekapselte oder in besonderen Räumen gruppenweise aufgestellte Motoren in Anwendung. Die Ausbildung elektrischer Gesteinsbohrmaschinen hat weitere Fortschritte gemacht. So haben die Siemens-Schuckertwerke[47]) Stoßbohrmaschinen mit 0,75 kW Antrieb entwickelt, mit denen Bohrungen bis 16 m Tiefe ausgeführt sind. Ihre Leistung in härtester Grauwacke beläuft sich auf 5 bis 6 m Bohrlochtiefe täglich, bei einem Verbrauch von 1,25 kWh für 1 m Bohrtiefe. Auch in Werksteinbrüchen und zum Schrämmen haben sich diese Maschinen bewährt. Kleinere Handstoßbohrer[48]) für Zement, Ziegel und Marmor besitzen bei 5 und 18 kg Gewicht Antriebe von 0,045 bzw. 0,15 kW. Ein kleiner elektrischer Hammer[49]) ist nach Art der Druckluftwerkzeuge mit Steuerung im Handgriff versehen; bemerkenswert ist, daß für dieses amerikanische Erzeugnis zum Anschluß an Wechselstrom ein besonderer Umformer vorgesehen ist.

Webereien, Papiermaschinen, Faserstoffaufbereitung. In Webereien[50]) hat sich der elektrische Betrieb nunmehr fast allerorts eingebürgert. In Oxfordshire[51]) hat sich eine 170 Jahre bestehende, früher mit Balanciermaschine, dann mit Generatorgasmaschinen arbeitende Fabrik, in der Rohwolle bis zum fertigen Tuch verarbeitet wird, vollständig elektrisch eingerichtet. Dabei wurden die beiden Gasmaschinen, die den erweiterten Betrieb nicht weiter aufrecht erhalten konnten, mit Generatoren gekuppelt, und man vermied auf diese Art nicht nur Neuanschaffung von Kraftmaschinen, sondern behielt sogar noch eine Reserve für Erweiterungen übrig. Auch hier läßt sich die Anlage den Arbeitseigentümlichkeiten besser anpassen; so wurde beispielsweise der schmutzige Betrieb der Wölfe in einem besonderen Gebäude von der übrigen Anlage ge-

trennt. Je nach Art der Maschinen ist Einzel- oder Gruppenantrieb gewählt. Bei Papierfabriken[52]) ist ein besonderer Vorteil, die großen Kalander zum Einziehen des Papiers mit kleinem Motor (11 kW) und großer Übersetzung langsam laufen zu lassen, während den eigentlichen Betrieb ein mit Freilauf gekuppelter und so stoßfrei eingreifender Hauptmotor von 48 kW übernimmt. Einen Überblick über den elektrischen Antrieb von Filzmaschinen, deren Kraftbedarf und die zweckmäßige Ausbildung der Schaltapparate gibt König[53]). Schließlich ist eine kleine Maschine zur Herstellung von Holzgarnrollen[54]) mit schwingender Kreissäge und selbsttätig durch Hohlkegel zentrierendem Bohrer in Amerika entwickelt worden.

Berg- und Hüttenwesen, Walzwerke. Selbst in China, dem konservativen Reich der Mitte, setzt sich allmählich die Elektrizität durch. Der Bergwerksbetrieb ist dort in kleine und kleinste Betriebe unterteilt, so daß zunächst nur wenige größere Bergwerke[55]) in Frage kommen. Die in Frankreich bezüglich ihrer Kohlenförderung an zweiter Stelle zu nennenden Bergwerksbetriebe von Bethune[56]) sind vollständig mit elektrischem Betrieb ausgerüstet. In Amerika wendet sich neuerdings das Augenmerk vermehrt den Gefahren[57]) und den unerläßlichen Betriebsbedingungen von elektrischem Grubenbetrieb zu. Walker fordert die Anstellung von Fachleuten zur Beaufsichtigung der Anlagen unter Tage und eine entsprechende Unterweisung der Belegschaft über Behandlung der Apparate und Maschinen. Eine wirtschaftliche Betrachtung über die Betriebe der Ferdinandsgrube[58]) Oberschlesiens bringt Schultze. Zweckmäßig ist die Errichtung von Umformerstationen[59]) über Tage, da für Lokomotiven doch meist Gleichstrom erforderlich und die Gruben in ihren üblichen Ausdehnungen ohne Schwierigkeit mit Gleichstrom von 250 oder 500 V zu beherrschen sind. Die Frage, ob Motorgenerator oder Umformer[60]) zu wählen sei, entscheidet sich bei notwendiger Kompoundierung oder Verbesserung des Leistungsfaktors zugunsten des Synchronmotor-Generators. Im allgemeinen wird aber ein Einankerumformer ausreichen und wegen seiner selbsttätigen Spannungsregelung von Vorteil sein. Induktionsmotor-Generatoren haben nur bei starken Frequenz- und Spannungsschwankungen Berechtigung. Die Anlaßapparate[61]) haben weitere Durchbildung erfahren. In Amerika scheint man der gasdichten Kapselung den Vorzug zu geben, im Gegensatz zum Kontinent von Europa, der die schlagwettersichere Kapselung bevorzugt. An die in den Bergwerken üblichen Maschinen: Lokomotiven, Schrämmaschinen[62]), Pumpen für die Hauptwasserhaltung[63]), die oft das zehnfache Gewicht der gewonnenen Kohle fördern muß, werden hohe Anforderungen gestellt. Lokomotiven werden häufig mit Akkumulatoren oder mit selbsttätig einholender Kabeltrommel, bei einer Reichweite von 300 m von der Anschlußstelle unter Vermeidung eines der Berührung ausgesetzten Fahrdrahtes ausgeführt. Eine eingehende Tabelle über Fördermaschinen gibt Pauly[64]) für Gleich- und Wechselstromantrieb von 150 bis 660 kW. Im Hüttenbetrieb hat die Maschinenbau-A.-G. Tigler, Duisburg[65])[66]) einen besonderen Gießwagen ausgeführt, dessen horizontale Bewegungen von drei Motoren von je 20 kW, die vertikalen Bewegungen durch Druckflüssigkeit von motorgetriebener Pumpe (32 kW) ausgeführt werden, während die beiden Fahrmotoren je 55 kW besitzen. Der Masseltransport geschieht fast ausschließlich durch Lasthebemagnet[66]), mit dem ein am Kran angehängtes, vom Führerstand zu steuerndes Masselschlagwerk mit vierzig Schlägen in der Minute verbunden ist. Der elektrische Walzenstraßenantrieb[67])[68])[69]) hat die erwartete Ausdehnung noch nicht gefunden, obwohl unverkennbare Vorteile mit ihm verbunden sind. Wiley[70]) gibt eine ausführliche Übersicht über Betriebskosten von Walzenstraßen. Die Deutsche Maschinenbau-A.-G. Duisburg und Lauchhammer, A.-G., bringen Schrottpressen[71])[72]) von großer Leistungsfähigkeit auf den Markt, die ofenfertige Schrottpakete von 450 bis 1000 kg ohne Drahtbindung herstellen.

Zur Gewinnung von Rohöl sind weitere Anlagen mit elektrischem Betrieb versehen worden. Immerhin sind wegen der unsicheren Lebensdauer der Quellen

gewisse Bedenken vorhanden. Die Beförderung des Rohöls durch unwegsame Strecken bis zum Hafen[73]) geschieht beispielsweise vom Prahova-Gebiet bis nach Constanza am Schwarzen Meer in einer 280 km langen Rohrleitung in drei Teilstrecken von 228 und 254 mm Durchm. Stündlich werden auf diese Art 180 m^3 direkt von den Quellen in die Schiffsbehälter gepumpt. Ein Hauptvorteil des elektrischen Schöpfbetriebes liegt in der Möglichkeit der Energierückgewinnung beim Senken. Die Motoren und Anlaßapparate sind wegen der die Ölfelder überlagernden Kohlenwasserstoffgase stark (8 Atm.) und schlagwettersicher gekapselt auszuführen. Die Kurzschlußanker werden zweckmäßig aus nicht isolierten Stäben hergestellt, die an den Stirnseiten durch aufgegossene Ringe (ohne Lötung) verbunden werden. Gegen Brände wird in den rumänischen Ölfeldern der Motor durch Gipsdielenverschlag, der im Feuer über ihn zusammenfällt, geschützt. Statt die Kraftstation[74]) mit dem wertvollen Rohöl zu betreiben, empfiehlt es sich, das den Quellen unbenutzt entweichende Erdgas heranzuziehen, das allerdings keine unbedingt zuverlässige Betriebskraft darstellt und in Form von Gasolin ebenfalls im Handel noch gut verwertbar ist. Die Motoren sollten wegen der unvermeidlichen Überlastungen nicht zu schwach gewählt werden.

Sonstige Antriebe. In Gummifabriken[75]) wird für den Arbeitsvorgang stets Dampf gebraucht; trotzdem empfiehlt sich der elektrische Antrieb zum mindesten als Sicherheit gegen Betriebstörungen. Die Rohrzuckerfabriken auf Cuba[76]) und im Anschluß an sie auch die Australiens, Hawais u. a. haben durch die Verwendung von Anzapfturbinen mit Stromerzeugung Anlagen geschaffen, bei denen unabhängig vom Ernteertrag stets beste Dampfverwertung gewährleistet ist. In Großbäckereien[77])[78]) hat die Einführung des Elektromotors einen fast vollständig selbsttätigen Betrieb ermöglicht. Den Motoren wird wegen des in den Betriebsräumen vorhandenen Staubes die Kühlluft von außen zugeführt. Fenster im Kollektorlagerschild gestatten jederzeit die Beobachtung

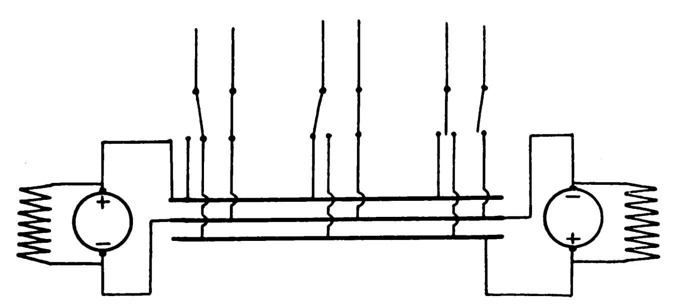


Abb. 12. Maschinenwählerschaltung.

der Bürsten. In amerikanischen Reparaturwerkstätten für Schuhwaren[79]) betreibt ein Motor von 2,2 kW zehn der Arbeit angepaßte Werkzeuge. Die zahlreichen Maschinen für Gerbereien[80]) sind alle für elektrischen Antrieb gut geeignet. Zur Herstellung von Pappmatrizen in Druckereien[81]) dient eine kleine gut durchgebildete Maschine. Müller[82]) beschreibt die Entwicklung der Elektrizität auf Handelsschiffen des Norddeutschen Lloyd. Um für Licht und Kraft getrennte Stromkreise ohne Bereitstellung getrennter Maschinen zu erhalten, wird auf Parallelbetrieb verzichtet und der von Anfang an übliche Maschinenwähler (Abb. 12) beibehalten. In der Kleidungsherstellung hat der elektrische Betrieb besonders wegen seiner Reinlichkeit weitgehende Ausbreitung gefunden, wie in Handschuhfabriken[83]), Wäschefabriken[84]), bei Zuschneidemaschinen[85]), Wasch- und Plättmaschinen[86]) und in größeren Gasthofs- und Krankenhauswaschküchen[87]). In neuzeitlichen Kirchen werden alle früher durch Menschen betriebenen Apparate[88]) elektrisch betrieben. Besonders bewährt sich die An-

passungsfähigkeit der Elektrizität bei Erneuerung von geschichtlichen Kirchen[89]). Das elektrische Läuten[90]) wird neuerdings selbsttätig nur durch Schließen eines Schalters im Gegensatz zu dem früher üblichen Anläuten von Hand eingeleitet. Besondere Einrichtungen erzielen die verschiedenen Arten des ortsüblichen Geläutes. Die Einführung der Elektrizität als Unterstützung des Handwerks auf dem Lande[91]) hat wegen der Verringerung der erforderlichen Arbeitskräfte erfreuliche Fortschritte zu verzeichnen, ebenso wie auch ihre Anwendung im Haushalt durch Entwicklung kleiner praktischer Universalantriebe[92]), für Näh- Wasch-, Speiseeismaschinen u. a. m. Anklang fand. Schließlich sei noch ein kleines amerikanisches Spielzeug[93]), auch zu Reklamezwecken im Schaufenster geeignet, erwähnt, bei dem auf einer Glasplatte Gegenstände (Tiere) durch darunter rotierende, unregelmäßig erregte Magnete veranlaßt, die verschiedensten Bewegungen ausführen.

[1]) Gaze, AEG-Ztg. 16. Jg., Nr 10, S 1 u. Nr 11, S 6. — [2]) El. Kraftbetr. 1914, S 487, 498. — [3]) El. World Bd 64, S 720. — [4]) El. Kraftbetr. 1914, S 466. — [5]) El. World Bd 63, S 495. — [6]) El. Kraftbetr. 1914, S 269. — [7]) El. World Bd 64, S 275. — [8]) El. World Bd 63, S 256. — [9]) El. Kraftbetr. 1914, S 551. — [10]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 644. — [11]) Himmer, Mitt. S u. H 1. Jg., S 117. — [12]) Mitt. BEW 1914, S 60. — [13]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 189. — [14]) Schmidt, Z. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 575, 622, 654. — [15]) Wroe, El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 260. — [16]) Mitt. BEW 1914, S 88. — [17]) Park u. Tilford, El. World Bd 63, S 265. — [18]) Leslie, El. World Bd 63, S 1485. — [19]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 899. — [20]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 375. — [21]) Berlowitz, Mitt. S u. H, 1. Jg., S 161. — [22]) Central Massachusetts Electric Co., El. World, Bd 63, S 96. — [23]) Walker Ice Co., El. World Bd 63, S 427. — [24]) Smith, Gen. El. Rev. 1914, S 850. — [25]) El. World Bd 63, S 762. [26]) Mitt. BEW 1914, S 98. — [27]) Pollok, ETZ 1914, S 382. — [28]) Fair, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 319. — [29]) El. World Bd 64, S 672. — [30]) K. Loss, El. Masch.-Bau 1914, S 829. — [31]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 23. — [32]) Fair, Gen. El. Rev. 1914, S 759. — [33]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 469. — [34]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 187. — [35]) R. Boye, Helios Fach- u. Exportz. 1914, S 561. — [36]) Merrill, Gen. El. Rev. 1914, S. 686. — [37]) H. Spillmann, Schweiz. Bauztg. Bd 64, S 189. — [38]) Spillmann, Z. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 95, 178. — [39]) ETZ 1914, S 1084. — [40]) Mitt. BEW 1914, S 94. — [41]) El. World Bd 63, S 393. — [42]) E. F. Whitney, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1823. — [43]) AEG-Ztg. 17. Jg., Nr 2, S 6. — [44]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 728. — [45]) Mitt. BEW 1914, S 24. — [46]) Andriessen, Lum. él. R 2, Bd 25, S 151. — [47]) Bäumer, Mitt. S u. H, 2. Jg., S 5. — [48]) El. World Bd 63, S 559. — [49]) American Electric Tool Co., El. World Bd 63, S 168. — [50]) Mitt. BEW 1914 S 18. — [51]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 449. — [52]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 611. — [53]) König Helios Exportz. 1914, S 1364, 1432. — [54]) El. World Bd 63, S 727. — [55]) ETZ 1914, S 68. — [56]) El. Kraftbetr. 1914, S 53. — [57]) Walker, El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 799, 841. — [58]) Schultze K., El. Mach.-Bau 1914, S 38. — [59]) Booker, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 641. — [60]) Hoen, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 647. — [61]) Reed, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 581. — [62]) Belden, El. World Bd 63, S 468. — [63]) Miller, Gen. El. Rev. 1914, S 672. — [64]) Pauly, Gen. El. Rev. 1914, S 646. — [65]) Z. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 115. — [66]) Hermanns, El. Masch.-Bau 1914, S 653. — [67]) Rothera, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 267. — [68]) Rothera, Engineering Bd 97, S 605. — [69]) Wintermeyer, El. Kraftbetr. 1914, S 107. — [70]) Wiley, Stahl u. Eisen 1914, S 1267. — [71]) Stahl u. Eisen 1914, S 1719. — [72]) Stahl u. Eisen 1914, S 1743. — [73]) Steiner, El. Kraftbetr. 1914, S 284. — [74]) Lea, El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 563. — [75]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 282. — [76]) A. J. M. Winetraub, Gen. El. Rev. 1914, S 1204. — [77]) Burr, El. World Bd 63, S 544. — [78]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 966. — [79]) United Shoe Repairing Machinery Co., El. World Bd 63, S 208. — [80]) Mitt. BEW 1914, S 123. — [81]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 848. — [82]) Müller, Z. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 954. — [83]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 601. — [84]) Mitt. BEW 1914, S 28. — [85]) Mitt. BEW 1914, S 76. — [86]) Helios Exportz. 1914, S 642. — [87]) Mitt. BEW 1914, S 104. — [88]) Mitt. BEW 1914, S 52. — [89]) Tippelt, Helios Fachz. 1914, S 105. — [90]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 697. — [91]) Ludewig, Helios Fchz. 1914, S 405. — [92]) El. World Bd 63, S 1119. — [93]) Electro Novelty Co., El. World Bd 63, S 225.

VII. Verschiedene mechanische Anwendungen der Elektrizität.

Metallbearbeitung mittels elektrischer Erwärmung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin. — Heizen und Kochen. Von Generalsekretär G. Dettmar, Berlin. — Elektrische Regelung. Von Oberingenieur Chr. Krämer, Berlin.

Metallbearbeitung mittels elektrischer Erwärmung.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

Lichtbogenschweißung. Von allgemeinem Interesse ist ein Aufsatz von Otis Allen Kenyon[1]), der nach einem kurzen geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der verschiedenen Schweißverfahren eingehend die Eigenschaften der Lichtbogenschweißung mit Kohle und Eisenelektroden untersucht. Der Kohlenlichtbogen besitzt größere Ausdehnung und arbeitet mit höherer Spannung; er ergibt daher ausgedehntere Erhitzung des Arbeitstückes und neigt auch zur Anreicherung der Schmelzstelle mit Kohlenstoff. Im Gegensatz hierzu arbeitet der Metallichtbogen mit niedriger Spannung; die Schweißhitze bleibt auf kleineren Raum beschränkt und das Material wird weniger verändert. Eine Verbesserung dieses Verfahrens wird erreicht nach einem Vorschlag von Kyellberg durch Umhüllung der Eisenelektrode mit einem Flußmittel. Abgesehen davon, daß das Flußmittel die Oxydation des geschmolzenen Metalls verhindert, erlaubt es auch, Nähte zu verschweißen, die an der Decke liegen, da der am Ende der Elektrode sich bildende Tropfen von der umhüllenden Flußmasse gegen das Herabtropfen gesichert und durch die Stromwirkung gegen die Schweißnaht getrieben wird.

Dieses Verfahren soll bessere Ergebnisse als alle anderen bekannten erzielen. In der Abhandlung sind Kurven gegeben über die Schweißgeschwindigkeit bei verschiedenen Blechstücken und verschiedener Bearbeitung der Schweißkanten. Zum Schluß wird noch als hervorragende Leistung die Herstellung der Hauptrohrleitung des Catscill Aquaductes durch die El. Welding Co. erwähnt; diese Leitung hat einen Durchmesser von 4,800 m und steht unter einem Druck von 230 m WS, von dem jedoch ein Teil durch den äußeren Grundwasserdruck aufgenommen wird.

Neu ist auch das Lichtbogen-Schweißverfahren von M. A. Strohmeyer, das Heaton[2]) erwähnt. Bei diesem wird auf die Naht ein mit einem Flußmittel umhüllter Eisendraht gelegt; der eine Pol wird mit dem Arbeitsstück, der andere mit dem Eisendraht verbunden und der Lichtbogen an dem einen Ende eingeleitet. Indem der Draht abschmilzt, schreitet der Lichtbogen längs der Naht fort, wobei das schmelzende Material die Naht ausfüllt und durch das Flußmittel vor Oxydation geschützt wird. Erfahrungen über dieses Verfahren liegen noch nicht vor.

Ein weiterer Aufsatz liegt vor von J. T. Venning[3]), welcher seine Erfahrungen bei der Straßenbahn in Cincinnati mit elektrisch geschweißten Schienenverbindungen, Herzstücken, Kreuzungen usw. mitteilt; er gibt Einzelheiten über Kosten und Stromverbrauch, letzteren durch eingebaute Zähler festgestellt.

Ein anderer Aufsatz[4]) zeigt Abbildungen elektrisch geschweißter Schienenverbindungen bei derselben Gesellschaft, die einer Bruchprobe unterzogen wurden. Man sieht deutlich, daß die Schweißstellen unverletzt geblieben sind und der Bruch im gesunden Material erfolgte.

Parsons[5]) bringt eine große Reihe von Abbildungen der verschiedensten Teile von Bahnausrüstungen, die mit Hilfe der Lichtbogenschweißung wiederhergestellt wurden.

Eine Zusammenstellung über verschiedene geschweißte Stücke veröffentlichte Tucker[6]) in einem Vortrag, gehalten bei der Metallurgischen Gesell-

schaft zu Birmingham, und gibt die bei verschiedenen Größen aufgewendete Zeit, Stromverbrauch und Kosten.

Die Akkumulatorenfabrik-A.-G. bringt einen Aufsatz[7]) über neuere Kopfspannungsstöße, wobei ein den zu verbindenden Schienen gleiches Stück mit dem Kopfe nach unten unter dem Schienenstoß mit Klammern befestigt wird; dann erhält das Ganze durch einige unter die Enden des Verbindungsstückes getriebene Keile eine Verspannung, worauf die Kanten verschweißt werden. Ein zweiter ähnlich verspannter Stoß wird mit Seitenlaschen ausgeführt. Außerdem sind abgebildet die Ersetzung ausgefahrener, gewöhnlicher und Melaunstöße durch eingeschweißte Zwischenstücke.

Über die Brauchbarkeit der elektrischen Lichtbogenschweißung für Kesselreparaturen berichtet Münster[8]) auf dem internationalen Verbandstag der Dampfkessel-Überwachungsvereine in Danzig. Es wird festgestellt, daß die Reparaturen mit Hilfe dieses Verfahrens zwar zugenommen haben, daß aber noch Bedenken dagegen von mancher Seite bestehen, da die Güte in hohem Maße von der Geschicklichkeit des Arbeiters abhängt.

Wandschneider[9]) gab in einem Vortrag vor dem Württemberger elektrotechnischen Verein eine Übersicht über das gesamte Gebiet der elektrischen Schweißung unter besonderer Berücksichtigung der Ausführungen der AEG; er bespricht die besonders für Lichtbogenzwecke von der AEG gebaute Maschine nach Krämer[10]). Sie hat die charakteristische Eigenschaft, daß sich ihre Spannung mit dem äußeren Widerstand bei annähernd gleichbleibender Stromstärke ändert, so daß sie ohne Vorschaltwiderstände, also auch ohne Verluste, im Stromkreis arbeitet und ohne Gefahr kurzgeschlossen werden kann.

Widerstandsschweißung. Wandschneider geht dann weiter über auf das Thomsonsche Widerstandsschweißverfahren, bringt Abbildungen von Punkt-, Naht- und Stumpfschweißmaschinen, unter letzteren besonders bemerkenswert eine Ausführung für die Kgl. Eisenbahnwerkstätte Ponarth für einen Schweißquerschnitt von 6000 mm², zu der ein Transformator von 200 kVA benötigt wird.

Ein neues Verfahren auf diesem Gebiet wird von Scinner und Chubb[11]) beschrieben, das sich ganz besonders für die Stumpfschweißung schwacher Drähte eignet. Bei diesem Verfahren wird ein Kondensator durch eine regelbare Gleichstromspannung aufgeladen, worauf er über die zu schweißenden Drahtenden entladen wird. In dem Entladestromkreis ist eine Drosselspule eingebaut, die die Entladezeit beeinflußt. Dieses Verfahren gewährt, wie erwähnt, besonders große Vorteile beim Zusammenschweißen dünner Drähte, da es für eine gute Schweißung wichtig ist, daß sowohl die Zeitdauer als auch die Stromstärke stets ein ganz bestimmtes Maß haben.

Ursprünglich war das Verfahren für Aluminiumdrähte vorgesehen; es zeigte sich aber, daß auch Drähte ganz verschiedener Eigenschaften und Schmelzpunkte, wie z. B. Zinn und Platin, sich zusammenschweißen lassen, so daß es sich vorzüglich zur Herstellung von Thermoelementen eignet.

Erhitzen und Glühen. Zur Erhitzung von Radreifen für Eisenbahnräder durch Wirbelströme bauen die SSW[12]) eine Einrichtung. Sie besteht aus einem geblätterten Eisenring, an dessen äußerem Rande senkrecht zu seiner Ebene eine größere Anzahl Pole angebracht sind, die durch Wechselstrom erregt werden. Der zu erhitzende Radreifen wird flach auf die Pole gelegt und bildet somit den magnetischen Rückschluß.

Ein großer Glühofen[13]), gebaut von der Electric Furnace Co. of America, ist in einer Fabrik für Tafelgeräte in Niagara Falls N. I. in Betrieb. Er ist 4,5 m lang, 2,5 m breit und 2 m hoch; die Waren kommen in viereckige Kasten aus Eisenblech, werden durch einen durch Luftdruck betätigten Stößer an dem einen Ende eingeführt, durchlaufen den Glühraum und fallen am anderen Ende in einem unter Wasserabschluß stehenden Raume in ein mit Wasser oder Beize gefüllten Behälter. Der Strom zur Beheizung wird von einem Trans-

formator von 200 kVA geliefert, dessen Spannung durch einen Regulierschalter in 12 Stufen geregelt werden kann; außerdem ist die Anlage mit Wattmeter und Pyrometer ausgerüstet.

[1]) Kenyon, El. World Bd 63, S 705. — 2) Heaton, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 214. — [3]) Venning, El. Rlwy. Jl. Bd 44, S 769. — [4]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 1467. — [5]) Parsons, El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 482. — [6]) Tucker, Lum. él. R 2, Bd 25, S 413. — [7]) ETZ 1914, S 276. — [8]) Münster, Stahl u. Eisen 1914, S 970. — [9]) Wandschneider, ETZ 1914, S 1062. — [10]) AEG Ztg. 16. Jg., Nr 10, S 10. — [11]) Scinner and Chubb, El. World Bd 64, S 766. — [12]) Helios Exportz. 1914, S 2063. — [13]) El. World Bd 63, S 1508.

Heizen und Kochen.

Von Generalsekretär G. Dettmar.

Die zwar langsamen, aber sicheren Fortschritte, welche das Heizen und Kochen im Privathaushalt macht, wurden dadurch gefördert, daß vielfach besondere Rücksicht auf zuverlässige und einfache Bauart der Kochgefäße genommen worden ist. Einen bemerkenswerten Schritt nach dieser Richtung bedeuten die elektrischen Heizkörper für sehr hohe Temperaturen der Firma Helberger[1]). Durch Einführung der schnurlosen Steckvorrichtungen für Kochgeschirre beabsichtigte man die Benutzung zu erleichtern[2]).

Eine besondere Anwendung hat das Elektromobil[3]) zur schnellen Verteilung von Speisen bei Stadtküchen und Traiteuren gefunden, da man in ihm die Gefäße während des Transportes warm erhalten kann. Dieser Vorteil wird oft zu einer Verwendung elektrischer Kocheinrichtungen führen.

Die schon in den letzten Jahren entwickelten Großküchen haben weitere Fortschritte gemacht, insbesondere dadurch, daß zweckmäßige Sonderkonstruktionen der Kochgefäße hierfür entworfen worden sind[4]).

Ein Gebiet, welches für das elektrische Heizen und Kochen von besonderer Bedeutung ist, stellen die Schiffe dar[5]). Die dort vorliegenden Verhältnisse sind für die Anwendung des elektrischen Stromes die gegebenen, so daß hier eine Entwicklung am allerehesten zu erwarten war.

Auch in der Schweiz wendet man in der letzten Zeit der Entwicklung des elektrischen Kochens und Heizens große Aufmerksamkeit zu, um auf diese Weise Tagesbelastungen für die vielfach mit Wasserkraft arbeitenden Elektrizitätswerke zu finden[6]). Im Zusammenhang hiermit sind die Bestrebungen, einen geeigneten elektrischen Wärmespeicher zu finden, fortgesetzt worden[7]).

Die auf besondere Gebiete beschränkte elektrische Raumheizung hat auch im letzten Jahre für Bahnen vielfach Anwendung gefunden[8]). — Einen eingehenden Bericht über Raumheizung hat Roßander[9]) auf Grund von Versuchen in Stockholm erstattet, insbesondere auch im Vergleich mit Warmwasserheizung. Die in der Veröffentlichung mitgeteilten Zahlenangaben bilden eine gute Grundlage für Berechnungen über die Kosten elektrischer Heizung im Vergleich mit anderen Arten.

Als eines der wichtigsten Anwendungsgebiete der elektrischen Beheizung hat sich die verschiedener Spezialmaschinen und Werkzeuge in der Industrie erwiesen. Gerade hier hat man in letzter Zeit begonnen, systematisch vorzugehen, indem man die Bedürfnisse der in Frage kommenden Gebiete studierte. Bei Fortsetzung dieses Weges wird sich bald ein sehr beträchtliches Anwendungsgebiet ergeben. Die elektrische Beheizung wird schon vielfach in Zelluloidwarenfabriken, Großtischlereien, Metallwarenfabriken, chemischen Werken usw. verwendet. Neuerdings wurde auch das graphische Gewerbe diesem Verwendungsgebiete erschlossen[10]). Auch eine Getreidetrocknung auf elektrischem Wege gelangte zur Ausführung[11]).

[1]) Helberger, ETZ 1914, S 684. — [2]) Dörner, Jentzen & Co., ETZ 1914, S 245; Helios Exportz. 1914, S 576. — [3]) Mitt. BEW 1914, S 77; El. Kraftbetr. 1914, S 362. — [4]) Perlewitz, ETZ 1914, S 1026. — [5]) El. World Bd 63, S 1099, 1391.

— [6]) Bull. Schweiz. El. Ver. 1914, S 441. — [7]) Häßler, ETZ 1914, S 297; El. World Bd 63, S 224. — [8]) Stegemann, ETZ 1914, S 426; Stearns, Gen. El. Rev. 1914, S 870. — [9]) Roßander, ETZ 1914, S 1089. — [10]) Mitt. BEW 1914, S 73; El. Kraftbetr. 1914, S 361; Schulz, Helios Exportz. 1914, S 445, 509. — [11]) Mitt. BEW 1914, S 42.

Elektrische Regelung.

Von Oberingenieur Chr. Krämer.

Panamakanal. Schleusenanlagen. Diese Anlagen sind schon in kurzer Übersicht im JB 1913, S 122 erwähnt. Inzwischen sind von berufenster Seite die Anlagen bis in die kleinsten Einzelheiten in einer besonderen Nummer der Gen. El. Rev. beschrieben worden. Schildhauer[1]) entwickelt die Gesichtspunkte, die für die Wahl des elektrischen Antriebes an Stelle von Dampf, hydraulischem oder pneumatischem Antriebe maßgebend waren. Vor allem bot er allein die Möglichkeit der Zentralisierung und Verblockung der gesamten Vorgänge, die Irrtümer ausschließt, welche für die Anlagen und den Betrieb verhängnisvoll werden könnten. Dann folgt eine Beschreibung der Schleusen, der Schleusentore, der Umlaufkanäle mit den fernbetätigten Absperrschiebern usw. Hewlett[2]) beschreibt den Vorgang beim Schleusen eines Schiffes. Hill und Hentschel[3]) zeigen die Einrichtung der Kontrolltafeln, bei welchen sämtliche Vorgänge im kleinen nachgebildet sich vor den Augen des Bedienenden abspielen; ferner sind genaue Einzelheiten der sinnreichen Verblockung gegeben. Jacobs und Stevens[4]) beschreiben das Fernzeigersystem und die Hochspannungsverteilungstafeln.

Absperrschieber mit elektrischer Fernbetätigung sind auch in der Hochdruckpumpenanlage für Feuerlöschzwecke in New York[5]) vorhanden, wo sie zur Verbindung oder zur Absperrung der Hochdruckleitungen bei Rohrbruch usw. dienen. Der Antrieb erfolgt durch Motoren von 3,5 kW von der Pumpenstation aus.

Synchrone Fernbewegung mehrerer Motoren, geeignet für Fernzeiger, Fernsteuerungen usw., wird nach einer Schaltung von Routin[6]) erzielt durch Anbringung von Synchronmaschinen, die untereinander elektrisch verbunden sind und auf den Wellen der umsteuerbaren Antriebsmotoren sitzen.

Schiffsruderantrieb. Hibbard[7]) hielt über diesen Gegenstand einen Vortrag vor der Institution of El. Eng., der hauptsächlich den Stand dieses Antriebes in der amerikanischen Marine behandelt. Er gibt einen Überblick über die Vorteile gegenüber dem Dampfruder, über die Entwicklung des elektrischen Antriebes, über die Widerstände, die ihm von seiten der Marinekreise entgegengesetzt wurden (wurde sie doch beim ersten Versuch als unwillkommene Neuerung betrachtet) und kommt dann auf die beiden hauptsächlichsten Schaltungen zu sprechen, nämlich Leonard-Antrieb oder Widerstands-Schützensteuerung, beide wieder unterteilt als sog. Folgesteuerung oder Nichtfolgesteuerung.

Unter Folgesteuerung versteht Hibbard die Einrichtung, bei der das Ruder synchron dem Steuerrad folgt, während bei der Nichtfolgesteuerung das Ruder sich dauernd nach rechts oder links dreht, sobald der Steuermann einen Hebel nach der betreffenden Seite auslegt und erst wieder zur Ruhe kommt, wenn der Hebel in die Nullage zurückgestellt wird. Die Folgesteuerung entspricht also in der Handhabung genau dem Dampfruder, während die Nichtfolgesteuerung etwas ganz Neues für die Marine darstellt, wobei beachtet werden muß, daß die Lags des Ruders nicht wie bei ersterer am Zeiger des Steuerrades abgelesen werden kann, sondern nur an einem besonderen Ruderlagefernzeiger.

Es ist klar, daß der Folgesteuerung vom Standpunkt des Seemannes aus der Vorzug zu geben ist, doch hält Hibbard die Vereinfachung der Schaltung und der Apparate bei der Nichtfolgesteuerung für so bedeutend, daß er auf die Vorteile, welche die Folgesteuerung bietet, verzichten zu können glaubt.

Im Jahre 1909 wurde auf dem Kreuzer Des Moines eine Steuerung mit einem Motor von 30 kW mit Widerstandsschützenschaltung als Folgesteuerung unter Benutzung der mechanischen Anlaßleitung und eines Differentialkontrollers eingebaut, bald darauf aber nach Überwindung des Widerstandes der Marineoffiziere als Nichtfolgesteuerung umgebaut.

Die damit gemachten günstigen Erfahrungen führten zu einer gleichen Anlage auf dem Kreuzer Chester, jedoch mit einem Motor von 75 kW. Dann wurden die Linienschiffe Rivadavia und Moreno der argentinischen Marine mit einer Ruderanlage, jedoch als Folgesteuerung mit Motoren von 100 kW bei 400 bis 600 Umdrehungen ausgerüstet. Ein weiteres Schiff erhielt einen Leonard-Antrieb, bestehend aus einem Motorgenerator von 290 kW, 1000 Umdr.-min, arbeitend auf den Rudermotor von 250 kW, 250 Umdr./min bei 250 V. Diese Anlage arbeitet als Nichtfolgesteuerung mit einem Steuerschalter, der drei Kontakte nach jeder Seite besitzt und somit drei verschiedene Geschwindigkeiten erlaubt.

Die letzten Ausführungen besitzen die Schiffe Texas und New York. Das Rudergeschirr hat Schraubenspindel, wird angetrieben von einem Gleichstrommotor von 100 kW bei 250 Umdr./min mit 50% Hauptstrom und 50% Nebenschlußerregung. Der Motor ist mit Widerstandsschützensteuerung an das allgemeine Schiffsnetz angeschlossen und die Anlage wird als Nichtfolgesteuerung betrieben.

Es folgen Kurven-Versuchsergebnisse über die Arbeitsweise der Motoren bei den verschiedenen Geschwindigkeiten und Ruderlagern.

In der Diskussion[8]), an welcher sich G. Pierce, M. Pfatischer, W. Dey, R. Beckmann und A. Hornor beteiligten, wurde auf die früheren Versuche bei der russischen Marine verwiesen, besonders auf das System Pfatischer, bestehend aus Leonard-Antrieb, wobei bekanntlich die Erregung der Dynamo nach der Brückenschaltung erfolgt. Der Schützensteuerung mit Nichtfolgeanordnung wird Einfachheit, leichteres Gewicht, geringerer Raumbedarf und höherer Wirkungsgrad nachgerühmt, während von der Gegenseite dieses bestritten wird. Ganz besonders wird darauf hingewiesen, daß die Nichtfolgeanordnung den Steuermann zur Beobachtung des Ruderlagezeigers nötige und seine Aufmerksamkeit von dem Fahrwasser ablenke; das fortwährende Anfahren beim Pendeln um die Ruhelage beeinflusse die Spannung der Anlage derart, daß ein Anschluß an die Lichtleitung ausgeschlossen sei, auch seien die dadurch bedingten Verluste in den Widerständen höher als die des dauernd laufenden Leonard-Generators. In einem Schlußwort verweist Hibbard noch auf die inzwischen erzielte Verringerung des Anlaufstromes durch Fortlassen eines Parallelschlusses zum Anker. Im allgemeinen neigt jedoch die Versammlung mehr zum Leonard-Antrieb mit Folgesteuerung. Vgl. auch Krämer, JB 1913, S 122.

Im Anschluß hieran sei erwähnt, daß H. Dey[9]) die Pfatischer-Steuerung durch Verwendung eines besonders konstruierten Differentialrelais zu verbessern suchte. Das in dem Aufsatz besonders betonte Festhalten des Kontaktzeigers in der Nullage mit Hilfe eines Dauermagnetes ist jedoch schon durch den Routinschen Regler bekannt.

Kreiselbetriebe. H. C. Ford[10]) bringt einen bemerkenswerten Aufsatz über die Anwendung des Kreisels auf Schiffen, der viele Abbildungen enthält. Mit Hilfe eines Motors angetrieben, dient er als Kompaß, als künstlicher Horizont, zur Aufzeichnung der Schiffsbewegungen und als sog. Schlickscher Schiffskreisel zur Dämpfung der Schlingerbewegungen. Für letzteren Zweck sind die Versuche in Amerika wieder aufgenommen worden. Auf U. S. S. Worden wurden zwei Ausrüstungen mit Schwungrädern von 3 t Gewicht eingebaut und eingehende Versuche im Sommer 1912 vorgenommen, welche sehr günstige Ergebnisse lieferten. Eine darauf für S. S. Ashtabula gerechnete Anlage ergab nur ein Zehntel des Gewichtes und Raumbedarfes eines gleichwertigen Schlingertankes.

Elektrische Getriebe besonders für Fahrzeuge mit Explosionsmotoren entwarf H. J. Thomson[11]). Der dauernd laufende Motor treibt mit Hilfe der Planetenräder zwei Differentialräder an, auf deren Achsen zwei Hauptstrommaschinen sitzen. Die eine Achse ist zugleich Antriebsachse. Je nach den Erregungsverhältnissen der beiden miteinander verbundenen Maschinen ändert sich die Geschwindigkeit und Zugkraft der Antriebsachse; durch geeignete Wahl des Übersetzungsverhältnisses des Planetenradgetriebes können sehr günstige Verhältnisse erzielt werden. Es werden Kurven über Zugkraft und Geschwindigkeit für eine Lokomotive von 700 kW gegeben. Die Schwierigkeit, Zahnräder für solche Leistungen zu verwenden, glaubt der Verfasser durch den Hinweis auf die Erfahrungen, die in letzter Zeit bei den Zahnradvorgelegen der Turbinenantriebe von Schiffsschrauben gemacht wurden, zu zerstreuen. Er übersieht dabei aber anscheinend, daß sich die Schwierigkeiten in viel höherem Maße bei Planetengetrieben einstellen werden. Außerdem dürfte die mechanische Anordnung auf einer Lokomotive noch bedeutende Schwierigkeiten ergeben, da die Bauart zur Verlegung der Antriebswelle in der Längsachse der Lokomotive zwingt, so daß die Kraft auf die Treibachse nochmals durch konische Zahnräder übertragen werden müßte.

Magnetische Betätigung[12]) für die Zahnradgetriebe von Automobilen durch Druckknöpfe bringt die Cutler Hammer Co.[12]) jetzt auf den Markt. Während gewöhnlich das Umsteuern sowie Einrücken der verschiedenen Geschwindigkeiten mittels Hebel erfolgt, geschieht es bei dieser Neuerung durch einfaches Drücken eines Knopfes.

Bremsen. Die Hartford Suspension Co.[13]) baut für Automobile eine durch einen kleinen Elektromotor angetriebene Bremse. Sie verbraucht nur 30 W und der Bremsdruck kann schrittweise gesteigert werden. Als Vorzug gegenüber einer Luftdruckbremse wird die große Schnelligkeit des Bremsvorganges gerühmt, so daß sie als Ersatz für letztere bei Eisenbahnfahrzeugen empfohlen wird.

Nietmaschine von Piat[14]). Ein Motor treibt einen Preßwasserkolben an, der mit dem Nietzylinder in Verbindung steht. Der Stempel des letzteren drückt auf den Nietkopf. Der Motor schaltet sich in einer bestimmten Stellung selbsttätig ab, während der Nietkopf unter dem vollen Druck stehen bleibt, bis die Steuerung gelöst wird; der Nietdruck kann beliebig geändert werden.

Magnetische Aufspannvorrichtungen[15]) für Werkzeugmaschinen bringt die AEG-Ztg. Bemerkenswert ist die Polanordnung; in einem Gehäuse ist eine größere Zahl runder Polkerne angeordnet, die die obere Gehäuseplatte magnetisch isoliert durchdringen. Alle werden von einer gemeinsamen Spule umfaßt. Der Verbrauch ist sehr gering. Ist nur ein Drehstromnetz vorhanden, so dient zur Erregung ein kleiner Spezialumformer. Die Anzugskraft reicht bei einem Eisenstück von 380 · 200 · 20 mm ohne Verwendung einer Anschlagleiste für Späne von 1,5 mm Stärke bei 0,75 mm Vorschub aus.

Sicherheitseinrichtungen[16]) gegen unbeabsichtigtes Einrücken von Maschinen können nach einem Vorschlag der Magnetwerke Eisenach bei Verwendung von magnetischen Kuppelungen durch Fortnahme der Sicherungsstöpsel usw. getroffen werden.

Selbsttätiges Anhalten elektrischer Züge bei einem Unfall des Führers wurde seither dadurch bewirkt, daß die Führerkurbel beim Loslassen durch eine Feder zu einer Bewegung veranlaßt wurde, die einen Überwachungsstromkreis öffnete, die den Zug stillsetzte. Da der Federdruck die Hand des Führers stark ermüdet und außerdem der Führer unter Umständen bei einer Ohnmacht z. B. die Kurbel nicht unter allen Umständen loszulassen braucht, so haben sowohl AEG[17]) als auch BBC[18]) Einrichtungen getroffen, welche den Wagen stillsetzen, wenn der Führer nicht von Zeit zu Zeit bestimmte Bewegungen wiederholt.

Regelungsverfahren für Raumbeheizungen werden beschrieben in der Helios-Expz.[19]), Helios.-Fachz.[20]) und ETZ[21]). Von diesen ist die Einrichtung der

SSW am interessantesten. In regelmäßigen Zwischenräumen wird durch eine von einem Motor angetriebene Schaltwalze ein magnetisch betätigtes Ventil geöffnet und geschlossen. Die Zeitdauer wird sowohl von der Raumtemperatur als auch von der Dampfspannung beeinflußt.

Thuryregler. Eine interessante Anwendung dieses bekannten Reglers ist in Lum. él.[22]) beschrieben. Er dient dabei zum Regeln von Gasdrücken, wobei an Stelle des den Regler beeinflussenden Spannungsmessers ein Manometer tritt. Die Regelung kann durch Beeinflussung der Umdrehungszahl des Kompressormotors oder Verstellung eines Schiebers usw. erfolgen.

[1]) Schildhauer, Gen. El. Rev. 1914, S 7. — [2]) Hewlett, Gen. El. Rev. 1914, S 16. — [3]) Hill u. Hentschel, Gen. El. Rev. 1914, S 19. — [4]) Jacobs and Stevens, Gen. El. Rev. 1914, S 31, 36. — [5]) El. World Bd 63, S 608. — [6]) Routin, Lum. él. R 2, Bd 25, S 280. — [7]) Hibbard, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 703. — [8]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1758. — [9]) H. Dey, El. World Bd 63, S 1260. — [10]) Ford, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 873. — [11]) Thomson, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 826. — [12]) El. World Bd 63, S 729. — [13]) El. World Bd 63, S 335. — [14]) Piat, El. Masch.-Bau 1914, S 146. — [15]) AEG-Ztg., 17. Jahrg., Nr. 2, S 7. — [16]) Helios Exportz. 1914, S 1800. — [17]) Helios Exportz. 1914, S 1567. — [18]) Helios Exportz. 1914, S 650. — [19]) Helios Exportz. 1914, S 143. — [20]) Helios Fachz. 1914, S 548. — [21]) ETZ 1914, S 1071. — [22]) Thury, Lum. él. R 2, Bd 25, S 124.

B. Elektrochemie.

VIII. Elemente und Akkumulatoren.

Elemente. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg. — Akkumulatoren und deren Verwendung. Von Oberingenieur Dr. H. Beckmann, Berlin.

Elemente.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Depolarisatoren. In den langen Jahren, welche die Entwicklung der galvanischen Elemente von der Zeit an, wo sie fast die einzige Stromquelle waren, bis zur Gegenwart, wo sie zwar nur auf wenigen Gebieten, aber in gewaltigen Mengen verwendet werden, durchschritten hat, sind so ziemlich alle möglichen chemischen Zusammensetzungen vorgeschlagen worden. Trotzdem tauchen alte Gedanken immer wieder in neuer, manchmal zweckmäßigerer Form auf.

Z. B. haben K. A. Hofmann und Kurt Ritter[1]), weil neuerdings Kalziumhypochlorit, das frei von Chlorid und deshalb sehr beständig ist, in den Handel gebracht wird, galvanische Elemente mit Hypochlorit als Depolarisator studiert. Sie fanden, daß der wirksame Sauerstoff einer aus reinem Kalziumhypochlorit mittels Soda hergestellten Natriumhypochloritlösung sich fast restlos für die Stromlieferung verwerten läßt, und hoffen mit verbesserten Kohlenelektroden zu einem praktisch brauchbaren Elemente zu gelangen. Der Vorgänger, das Chlorkalkelement von Niaudet, arbeitete seinerzeit bei unterbrochenem Dienst befriedigend, besaß aber hohen Widerstand und polarisierte sich leicht.

Brom als Depolarisator wird von der Fabrik elektrischer Zünder, G. m. b. H.[2]), verwendet. Das Element ist konzentrisch angeordnet; zu innerst die stabförmige negative Elektrode, um diese die röhrenförmige positive Kohle, welche ihrerseits von einem Glasgefäß mit flüssigem Brom umgeben ist. Das Glasgefäß läßt den untersten Teil der Kohle oberhalb des Polanschlusses frei, damit das Brom nicht trotz der Paraffinierung an den Anschluß gelangt und ihn zerfrißt. Das gedrungen gebaute Element soll längere Zeit konstanten Strom z. B. für eine Grubenlampe liefern.

Mit **Filterelementen,** bei welchen das frische Elektrolyt durch die Poren der Kohle eingepreßt wird, beschäftigt sich G. Englisch[3]). Damit das Zink möglichst gleichmäßig zur Arbeitsleistung herangezogen wird, umgibt er den Zinkzylinder innen und außen mit der Kohlenelektrode und trägt Sorge, daß das frische Elektrolyt überall durch die Kohle heransickert. Weil nun die Oberflächenschicht der gewöhnlichen künstlichen Kohlen nicht gleichmäßig porös ist, wie das Innere, sondern unregelmäßig kleine Löcher enthält, so entfernt Englisch vor der Verwendung diese Schicht. Schließlich versieht er seine Elemente auch mit einer Einrichtung, durch welche man gleichzeitig die Zinkelektroden hebt oder senkt und den Zuflußhahn für das Elektrolyt entsprechend mehr oder weniger öffnet.

Braunstein und Graphit. Erwin Achenbach[4]) sucht die Stromabgabe zu verbessern, indem er die fertiggepreßte Kohle-Braunsteinelektrode mit Nickelgaze oder durchlochtem dünnen Nickelblech umgibt und dann erst in Leinwand hüllt. Mit dieser Anordnung will er im alkalischen Elektrolyt ungewöhnlich starke Ströme erhalten. Um die Kapazität und die Klemmenspannung bei Dauerbelastung zu erhöhen, setzt derselbe Erfinder[5]) dem Gemische von Braunstein und Graphit Quecksilberoxyd zu.

Statt Graphit verwendet Philipp Burger[6]) den durch Zersetzung von Azetylen erhaltenen sehr feinen und gleichmäßigen Azetylenruß gemischt mit Braunstein als Elektrode. Viktor Scholz[7]) dagegen stellt aus Graphit durch elektrische Zerstäubung oder vielmehr durch Behandeln mit Chemikalien „kolloidalen" Graphit für Braunsteinelemente her.

Alkalische Elemente. Das Lalande-Element ist von der National Carbon Company[8]) für den Eisenbahndienst umgebaut worden. Damit die Zelle bei der selbsttätigen Blockung verwendet werden kann, darf die Zelle bei Kurzschluß nur wenig Strom abgeben, muß bei geschlossenem Strom konstante Spannung und große Kapazität besitzen und soll auch Kälte vertragen, ohne einzufrieren. Bei der als „Columbian track cell" bezeichneten neuen Form ist der innere Widerstand dadurch hoch gemacht, daß einfach die beiden Elektroden weit auseinandergesetzt werden; als Elektrolyt dient Natronlauge von der Dichte 1,25; die Durchschnittsspannung beträgt 0,6 V.

Ein sehr poröses Kupferoxyd für solche alkalischen Elemente wird von F. S. Bandeira de Mello[9]) erhalten, indem er Kupfer in Schwefeldampf verbrennt, das gebildete Kupfersulfür in Natronlauge elektrolytisch reduziert und dann an der Luft sich oxydieren läßt.

Um bei alkalischen Trockenelementen das Elektrolyt einzudicken, versetzt es G. S. Eagle[10]) mit Stärke, erhitzt aber nur bis 82⁰, damit die Stärke nicht zersetzt wird und für sich erhärtet, anstatt beim Erkalten die gewünschte Gallerte zu bilden. E. Achenbach[11]) fügt zu starker Alkalilauge Magnesiumoxyd, welches sich in der auf 100^0 erhitzten Lauge löst und beim Abkühlen einen dicken Teig bildet; er nimmt auch ein Gemisch von Stärke oder Weizenkleie mit Magnesiumoxyd oder Kalziumoxyd. Schließlich will er auch Eisenhydroxyd beim Eindicken verwenden, indem er in einem Brei aus völlig neutralem Eisenhydroxyd und Wasser Ätzkali auflöst, Magnesiumoxyd zusetzt und erhitzt. Damit das heiß eingefüllte und flüssige Elektrolyt ordentlich in die Poren der Elektroden eindringt, werden diese vorher stark erhitzt.

Für die sachgemäße Prüfung galvanischer Elemente auf Zinkverbrauch, Kapazität und Leistung gibt J. M. Schmierer[12]) ausführliche Anweisungen.

Thermoelemente als Stromquelle haben bisher nur sehr geringe praktische Bedeutung, weil im allgemeinen die Anschaffungs- und Unterhaltungskosten zu hoch sind und wegen des großen inneren Widerstandes und der Wärmeverluste der Nutzeffekt nicht befriedigt. Der sehr hohe elektrische Widerstand ist auch der Grund, warum Silizium, obwohl es gegen oxydhaltiges Silizium eine ungewöhnlich große Thermokraft zeigt und auch gegen Konstantan, Nickel oder Eisen geschaltet bei 600^0 Temperaturgefälle 0,26 bis 0,27 V liefert, für die Praxis nicht in Frage kommt. E. Achenbach[13]) ersetzt deshalb das reine Silizium durch Borsilizium, welches viel besser leitet und viel fester ist als jenes.

[1]) Hofmann u. Ritter, Ber. deutsch. chem. Ges. Bd 47, S 2240. — [2]) Fabrik elektr. Zünder, G. m. b. H., DRP 271316 und 273851. — [3]) Englisch, DRP 270263 und 272618. — [4]) Achenbach, DRP 276280. — [5]) Achenbach, DRP 265590. — [6]) Burger, DRP 280098. — [7]) Scholz, DRP 272434. — [8]) National Carbon Co., Met. Chem. Eng. Bd 12, S 342. — [9]) de Mello, DRP 277960. — [10]) Eagle, DRP 280047. — [11]) Achenbach, DRP 279911, 280742, 280909. — [12]) Schmierer, Elektrochem. Zeitschr. Bd 21, S 61 u. 94. — [13]) Achenbach, DRP 276354.

Akkumulatoren und ihre Verwendung.

Von Oberingenieur Dr. H. Beckmann.

Allgemeines. Wie im vergangenen Jahre, so sind auch in dem laufenden Berichtsjahr keine neuen Akkumulatorentypen auf den Markt gekommen, und auch sonst hat die wirtschaftliche und technische Entwicklung der Akkumulatoren keine auffallende Veränderung erfahren.

Einige Vorschläge, die zur Verbesserung von Akkumulatoren in der Literatur bekannt gegeben wurden, haben keinen nennenswerten Erfolg gehabt. Das gilt sowohl von den Verfahren zur Beseitigung der Sulfatation, die von Lunnson, Bennet und Cole[1]) gemacht wurden, als auch von den Akkumulatoren nach Hannover.

Stationäre Akkumulatoren. Über den Edison-Akkumulator wurden Messungsresultate durch Bennet und Gilbert veröffentlicht, die von Maurice Fox[2]) berichtigt wurden. Der Nutzeffekt beträgt nach seinen Untersuchungen für den Edison-Akkumulator durchschnittlich 58,5% in Wh; außerdem werden Kurven für Ladung und Entladung gegeben.

Auch weiter ist eine gewisse Einengung des Verwendungsgebietes stationärer Akkumulatoren durch Überlandzentralen eingetreten, obwohl anderseits auch wiederholt betont wurde, daß im Anschluß an Überlandzentralen Akkumulatoren unter günstigen Umständen wirtschaftliche und praktische Vorteile bringen können.

Thierbach[3]) empfiehlt für Bahnen, welche ihren Strom nach Maximaltarif kaufen, die Anwendung von Akkumulatorenbatterien, um die Spitzenbelastung möglichst niedrig zu halten, und gibt Formeln über die Berechnung der Batteriegröße und die möglichen Ersparnisse; während er hingegen die Aufstellung von besonderen Maschinensätzen zur Leistung der Spitzenbelastung nicht empfiehlt, weil selbst Verbrennungsmotoren bei geringer Belastung unwirtschaftlich arbeiten. Rohrbeck[4]) tritt unter Verwendung von Akkumulatoren für kleine Ortsanlagen ein, die sich gegenüber den Kosten für ausgedehnte Leitungsnetze, wie sie bei Überlandzentralen erforderlich sind, immer noch als konkurrenzfähig erwiesen. Weiland[5]) gibt die Schaltung einer kleinen Drehstromzentrale an, die mit einer Batterie ausgerüstet ist, um nachts ihren Strom von den Akkumulatoren zu entnehmen. W. v. Winkler[6]) berichtet über eine recht bemerkenswerte Anwendung von Akkumulatoren im Elektrizitätswerk Klagenfurt. In dieser Anlage ist eine Batterie aufgestellt im Anschluß an die Drehstromanlage des städtischen Elektrizitätswerkes; die Akkumulatorenbatterie dient dazu, die Spitzenbelastung des Werkes auszugleichen. Williams Maurice[7]) berichtet in der Sitzung der Institution of Mining Engineers über eine Anlage der Hucknall Colliery, wo im Anschluß an eine Drehstromanlage eine fernstehende Batterie in Verbindung mit einer Lancashire-Zusatzmaschine aufgestellt ist.

In den Vereinigten Staaten hat weiter, wie schon früher berichtet wurde, die Einrichtung größerer Notbatterien Fortschritte gemacht, Batterien, die nur dazu dienen sollen, während weniger Minuten das Maximum des gesamten Gleichstrombedarfs zu liefern. Milton[8]) berichtet über einige derartige Batterien, die imstande sind, über 40000 A während 10 Minuten zu liefern, und gibt dabei an, daß die Straßenbahnbatterie auf dem Plymouth Place in Chicago in einem Jahre 57000 Dollar erspart habe, indem sie auch dazu diente, die Spitzen im Höchstbedarfe der Straßenbahnen zu übernehmen. Bei der Indianapolis Light & Heat Co.[9]) wurde eine Batterie aufgestellt, die 20 Minuten lang 9300 A zu liefern vermag. Die Batterie hat Zellenschalter mit mechanischem Antrieb, die Aufladung erfolgt mittels einer dreiteiligen Zusatzmaschine.

Über die Pufferbatterie der Wendelsteinbahn berichtet ausführlich Beckmann[10]). Die Batterie ist dadurch besonders bemerkenswert, daß sie mit 1500 V Betriebsspannung arbeitet, bis jetzt die höchste Spannung, für die Starkstrombatterien in Deutschland aufgestellt wurden. Für diese Batterie ist besondere Hochspannungsisolation vorgesehen, die sich im praktischen Betriebe nach jeder

Richtung hin bewährte. Gleichfalls wird die Beschreibung einer Hochspannungsbatterie, in diesem Falle für 1200 V, von W. Gyaros[11]) gegeben. Die Batterie dient als Pufferbatterie für die Überetscherbahn bei Bozen und ist, ebenso wie die Wendelsteinbahnbatterie, in zwei Stockwerken übereinander als Hochspannungsbatterie aufgestellt. Der Ausgleich erfolgt mit Unterstützung einer Pirani-Maschine. Erwähnt sei ferner noch die Beschreibung der Vorortbahn Stockholm-Saltsjöbaden von Holmgren[12]), bei welcher eine Batterie von 1380 V aufgestellt ist, und die Rhein-Haardtbahn[13]), bei der eine Batterie von 1200 V den Ausgleich übernimmt.

Triebwagen und Lokomotiven. Die Entwicklung dieses verhältnismäßig noch jungen Anwendungsgebietes für Akkumulatoren hat aussichtsreiche Fortschritte gemacht, besonders sind bei der preußischen Staatseisenbahn eine weitere Anzahl dieser Triebmittel eingestellt und haben sich auch im abgelaufenen Berichtsjahr durchaus bewährt. M. Büttner[14]) gibt eine ausführliche Übersicht über den Stand der Entwicklung und berichtet ferner über neuere Wagen, die mit einem Fahrbereich von 180 km bei den preußischen Bahnen eingerichtet wurden. Als Triebwagen besonderer Bauart ist der Wagen für Tunneluntersuchungen anzusehen, der bei der Eisenbahndirektion Saarbrücken benutzt wird[15]). — Nach dem Vorbilde der preußischen Bahnen haben auch mehrere andere Bahnverwaltungen Akkumulatorentriebwagen eingestellt oder Versuche damit unternommen. Besonders hat man die Verhältnisse in Schweden genauer studiert, um einen Lokalverkehr zwischen Stockholm und Gotenburg einzurichten[16]); außerdem sind einige Triebwagen mit Jungner-Akkumulatoren in Schweden für Privatbahnen eingestellt[17])[18]). Eine Übersicht über benzin-elektrische und rein elektrische Wagen nebst Tabelle der bei den einzelnen Bahnverwaltungen in Betrieb befindlichen Fahrzeuge liegt vor[19]). — Eine dreiachsige Akkumulatorenverschiebelokomotive, die in Tempelhof bei Berlin benutzt wird, beschreibt Schmeußer[20]). Die Maschine hat ein Gewicht von 42 t und wird durch 3 Hauptstrommotoren von 310 V und einer Stundenleistung von zusammen 88 kW angetrieben. Die Zugkraft der Lokomotive beträgt normal etwa 3300 kg, beim Anfahren im Höchstfalle 6000 kg, ihre Normalgeschwindigkeit 2,4 m/s. Für den Grand Central Terminal ist ein Triebwagen beschafft, der Stromzuführung durch dritte Schiene erhält und außerdem eine Reservebatterie von 230 Elementen mit 600 Ah 8stündig besitzt. Dieser Triebwagen ist gleichzeitig mit 2 Kranen für je 100 t Tragfähigkeit an beiden Enden ausgerüstet und hat den Zweck, bei Zugzusammenstößen und Entgleisungen Wagen oder Maschinen schnell wieder aufzurichten[21])[22]).

Im vorigen Jahresbericht wurde über Akkumulatorenwagen auf den amerikanischen Straßenbahnen berichtet. Es sei nur kurz hier bemerkt, daß die Einführung dieser Wagentypen dort weitere Fortschritte gemacht hat. In New York sind bis Anfang 1914 insgesamt 206 Akkumulatorenwagen für Straßenbahnbetrieb eingestellt worden[23]). Eine neue benzin-elektrische Triebwagenkonstruktion ist von Ralph H. Beach in New York[24]) gebaut worden. Bei diesem Wagen hat eine Hilfsbatterie Anwendung gefunden, die in allen Fällen, wo die Antriebsmaschine etwa versagt, imstande ist, den Wagen wenigstens 50 englische Meilen weit zu fahren. Der Erbauer ist der Ansicht, daß die Verwendung einer Batterie, wie beschrieben, die maschinelle Ausrüstung wesentlich zu vermindern gestattet. Beim Fahren auf ebener Straße und beim Anhalten nach je 5 Meilen sollen etwa 4,9% der gesamten erforderlichen Antriebskraft der Batterie entnommen werden, während 95,1% von der Maschine direkt geliefert werden. Handelt es sich um Steigungen von 5%, so unterstützt die Batterie mit etwa 30% die Maschine. Ein ähnlicher Wagen ist nach Henri Pieper[25]) für die Chemins de fer de la Grande Banlieue in Paris gebaut worden, wo auch die Batterie ausgleichend zur Unterstützung des Benzinmotors arbeiten soll.

Elektromobile. Die Zahl der Elektromobile hat sich im Berichtsjahr weiter, wenn auch langsam, erhöht. Zunächst ist dieses Anwachsen, wie zu erwarten

war, in den Vereinigten Staaten besonders zu beobachten, da sich hier seit einigen Jahren schon das Elektromobil für Luxus- und Verkehrszwecke eingebürgert hat. Man schätzt die Zahl der Elektromobile in den Vereinigten Staaten anfangs 1914 auf 34000 elektrische Luxuswagen und fast 18000 elektrische Nutzwagen[26]). Im abgelaufenen Berichtsjahr soll allein der Zuwachs an elektrischen Personenwagen etwa 18000, der für Lastwagen über 7000 betragen haben[27]). Über das Elektromobil als Nutzwagen berichtet zusammenfassend Beckmann[28]). Er schätzt die Zahl der Elektromobile für Deutschland auf 1700, davon entfallen etwa 800, also fast die Hälfte, auf Berlin. Nach demselben Verfasser beläuft sich die Gesamtzahl an Elektromobilen in Europa auf ungefähr 3170, ermittelt für März 1914, so daß also die Hälfte aller in Europa laufenden Elektromobile auf Deutschland entfallen würde, und zwar ist hier der elektrische Wagen fast ausschließlich als Nutzwagen in mancherlei Form zur Einstellung gekommen. So hat z. B. die deutsche Reichspostverwaltung vielfach die Paketbeförderung, an einigen Stellen auch die Briefkastenleerung, mit Hilfe elektrischer Wagen durchgeführt[29]). Die Paketwagen der Namag, wie sie z. B. in Leipzig laufen, können je 300 bis 400 Pakete mit insgesamt 2000 kg Gewicht aufnehmen, ihre Jahresleistung ist insgesamt auf 500000 km, also bei durchschnittlich 20 Betriebstagen im Monat auf täglich 1400 km bemessen. Vergleichsversuche zwischen Benzin- und elektrischen Wagen für den Postbetrieb stellte das Werftdepartment in Washington[30]) an und kam zu dem Ergebnis, daß sich die Betriebskosten bei Benzinwagen um etwa 25% höher stellten, wobei diese jedoch beträchtlich größere Entfernungen mit höherer Geschwindigkeit und bei geringeren Aufenthaltszeiten zurücklegten. Es ergab sich, daß für den eigentlichen Stadtbetrieb die elektrischen Wagen sich ungleich günstiger verhielten, während man für Fernfahrten Benzinwagen als vorteilhafter ansah[31]). In New York[32]) wurden im Monat Dezember 1913 etwa 98000 Pakete durch Elektromobile abgeliefert, dabei wurden 22 engl. Meilen und 303 Pakete für Fahrzeug und Tag geleistet[33]). In Berlin hatte die Postverwaltung Mitte 1914 an großen Wagen 83 in Betrieb, außerdem 71 Dreiräder, sog. Befwagen; zusammen befanden sich also 154 elektrisch angetriebene Fahrzeuge im Postbetrieb der Stadt Berlin. In Wien[34]) benutzte die österreichische Post 30 elektrische Wagen, und zwar wurden Daimlerfahrzeuge von 2,5 t mit elektrischem Antrieb verwandt. Der erste Probewagen wurde vor etwa 2 Jahren eingestellt und hatte in den ersten 12 Monaten 16000 km zurückgelegt.

Vielfache Verwendung hat weiterhin auch das Elektromobil für Kommunalzwecke, so z. B. für die Feuerwehr[35]) und ferner für Straßenreinigung, gefunden, worüber Otto Barsch-Olichschläger[36]) ausführlichere Angaben macht. Die Zahl der in Berlin und Vororten laufenden Waschmaschinen betrug nach diesen Angaben 125; davon waren 60 automobil betrieben. Eine solche Elektromobilmaschine erfordert im Jahr 3100 M Betriebskosten, während die Kosten für eine von Pferden gezogene Maschine bei gleicher Leistung jährlich 5800 M betragen würden. Unter Berücksichtigung von Abschreibung und Tilgung belaufen sich die Kosten für 1000 m² Straßenfläche auf 0,44 Pf bei der elektrischen Maschine, gegenüber 0,52 Pf bei Pferdebetrieb. Auch sonst findet der elektrische Wagen mancherlei Sonderanwendung, so z. B. als Turm- und Gerätewagen bei Straßenbahnen[37]), ferner als Omnibus, wobei besonders auf den Kraftstellwagenbetrieb in Wien, nach Spängler[38]), hingewiesen sei.

In den letzten Jahren wurden vielfach für den Güterbeförderungsdienst Akkumulatorenwagen als Gepäckkarren eingestellt[39]), insbesondere sind Versuche in den Docks amerikanischer Hafenstädte mit solchen Wagen angestellt worden. Neuerdings werden solche Plattformwagen auch von deutschen Firmen gebaut; sie besitzen 2 Motoren von je 0,65 kW, haben eine Geschwindigkeit von etwa 9 km/h und eine Tragfähigkeit von 1000 kg. Die aus 40 Elementen bestehende Akkumulatorenbatterie hat eine Kapazität von 60 Ah bei 5stündiger Entladung[40]) [41]). Der Transport einer Metertonne mit solchen elektrischen Karren soll sich dabei auf etwa 1,20 M belaufen, mit Handkarren auf 1,69 M. Vgl. S. 104.

In Berlin hat bekanntlich auch der elektrische Droschkenbetrieb nicht unbeträchtliche Anwendung gefunden. Nach einer Übersicht über die Entwicklung des Berliner Droschkenwesens im Jahre 1913 liefen am Ende dieses Jahres 475 elektrische Droschken[42]).

Da die Elektromobile ihren Strom ohne Schwankungen in längeren Zeitabschnitten entnehmen, ferner sehr beträchtliche Stromverbraucher sind und außerdem die benötigte Energie zu Zeiten abnehmen können, in denen der Stromverbrauch für Elektrizitätswerke verhältnismäßig gering ist, so stellen die elektrischen Wagen einen besonders günstigen Stromabnehmer für die Elektrizitätswerke dar. Auf die Bedeutung, welche elektrische Wagen in dieser Richtung haben können, hat in einem Aufsatz Beckmann[43]) ausführlich hingewiesen. Nach seiner Schätzung verbrauchen die etwa 18000 Lastwagen, die bis jetzt in den Vereinigten Staaten laufen, ungefähr 140 Mill. kWh, was einer jährlichen Stromeinnahme von 14 Mill. M allein durch Nutzwagen entsprechen würde, während auf Ladung von Luxuswagenbatterien etwa 17 Mill. M gerechnet werden können, so daß also den amerikanischen Elektrizitätswerken insgesamt für Ladung von Elektromobilbatterien jährlich etwa 31 Mill. M zufließen dürften. Nach dem gleichen Verfasser verbrauchen die Droschken, Last-, Lieferungswagen und Omnibusse in Berlin an Benzin und Benzol im Jahr mehr als 33 Mill. l, was einem Kostenaufwande von etwa 10 Mill. M entsprechen dürfte, von welcher Summe sich immerhin mehrere Millionen Mark zugunsten der Elektrizitätswerke und zugunsten des deutschen Nationalvermögens einbringen ließen, wenn es gelänge, elektrischen Automobilbetrieb in hinreichendem Maße einzuführen.

Elektrische Boote. In der Anwendung von Akkumulatoren-Verkehrsbooten dürften beträchtliche Fortschritte kaum gemacht sein[43])[44]), hingegen hat das Jahr 1914, besonders durch Eintritt der Kriegsereignisse, wesentlich dazu beigetragen, das Interesse auf die Unterseeboote zu lenken, die bekanntlich für Unterwasserfahrten ausschließlich den Strom ihrer Akkumulatorenbatterie entnehmen. Alle Versuche, die angestellt wurden, auch bei Unterwasserfahrten mit Maschinen zu arbeiten, haben bis jetzt keine praktischen Erfolge gehabt. Vielfach waltete bei den Marinebehörden der verschiedenen Länder das Bestreben ob, möglichst große Boote und infolgedessen möglichst große Batterien zu verwenden, so daß man bis zu Bootstypen von 800 t Verdrängung und darüber hinaus ging. Nähere Angaben über diese Art der Verwendung von Akkumulatoren zu machen, verbietet sich zurzeit. Einige Daten über Gewichte und Kosten der Batterien sind von Marin[45]) gegeben.

Elektrische Zugbeleuchtung. Die Anwendung elektrischer Beleuchtung für Eisenbahnzüge macht Fortschritte, wenn auch, wie es in der Natur der Sache liegt, diese Beleuchtungsart nur allmählich die vorhandene Gasbeleuchtung zu verdrängen vermag. Die Vorteile elektrischer Zugbeleuchtung werden immer mehr anerkannt, zumal wiederholt bei großen Eisenbahnunglücken ausströmendes Leuchtgas den Unglücksfall, so z. B. bei einem Zusammenstoß in Aisgill, verschlimmerte. Eine Zusammenstellung über die Einführung elektrischer Beleuchtung auf englischen Bahnen[46]) ergibt im Vergleich zur Gesamtzahl der erleuchteten Waggons die folgenden Prozentzahlen: 1902: 0,05%; 1907: 16,90%; 1912: 27,31%.

Über die Verbreitung der elektrischen Beleuchtung berichtet Jacob[47]) sowie an anderer Stelle E. Dick[48]); während Currie[49]) über die allgemeinen Bedingungen, die an Zugbeleuchtungseinrichtungen zu stellen sind, einige Gesichtspunkte gibt.

Die österreichischen Staatsbahnen haben sich eingehend mit der Einführung elektrischer Wagenbeleuchtung beschäftigt und haben, um eigene Erfahrungen zu sammeln, die Einrichtung verschiedener Systeme auf ihren Bahnen angeordnet; zurzeit stehen dort 350 Beleuchtungsausrüstungen versuchsweise im Betrieb. Um von vornherein die Waggonbeleuchtung möglichst zu vereinheitlichen, sind auf Grund der bis jetzt gesammelten Erfahrungen von der österreichischen Bahnverwaltung einschlägige Normen aufgestellt[50]).

Elektrische Grubenlampen. Eine Reihe von Unglücksfällen, die durch Verwendung von brennenden Grubenlampen entstanden sind, bei denen trotz Davyschutz Entzündungen vorgekommen waren, veranlaßte die Aufsichtsbehörden, vielfach die Einführung elektrischer Grubenlampen zu empfehlen. Als Mangel haftet den elektrischen Lampen bekanntlich der Umstand an, daß schlagende Wetter nicht ohne weiteres zu beobachten sind. Es erfolgten Preisausschreiben, um diesem Mangel abzuhelfen und eine außerordentlich große Anzahl von Hilfsmitteln wurde vorgeschlagen, die diesem Übelstand bei elektrischen Lampen steuern und somit die Einführung elektrischer Grubenlampen fördern sollten. Im ganzen gingen im vergangenen Jahre beim Bergbaulichen Verein, der in Deutschland ein Preisausschreiben ergehen ließ, 52 Bewerbungen ein[51]).

Die Verwendung tragbarer elektrischer Lampen im Bergwerksbetriebe wird in einem Vortrage von Schorrig[52])[53]) ausführlich behandelt.

Ebenso wie in Deutschland werden auch in anderen Staaten eingehende Versuche mit elektrischen Grubenlampen gemacht. In England sollen nach vorliegenden Berichten[54]) im Jahre 1912 auf insgesamt 149177 Grubenlampen 10727 elektrische entfallen, während im Jahre 1911 nur 4298 elektrische Lampen in Betrieb waren. Es hat sich also in einem Jahr eine Steigerung um 150% ergeben. Besondere Erfolge mit der Einführung elektrischer Grubenlampen hat dort Färber[55]) gehabt, der bekanntlich bei einem englischen Preisausschreiben den ersten Preis erzielte. In einem großen englischen Kohlenbergwerk benutzt man heute schon mehr als 10000 elektrische Lampen, die bei sorgfältiger Überwachung in jeder Arbeitsschicht nur 1,5% fehlerhafte Lampen aufweisen. Die Anschaffungskosten sind zwar höher als die der Benzinlampen, die Kosten für Benutzung und Unterhaltung dagegen sind bei elektrischen Lampen um 10 bis 15% niedriger. Nach den Erfahrungen, die man im praktischen Betriebe gemacht haben will, sollen Bleibatterien bis zu 400 Arbeitsschichten je nach Behandlung aushalten, während alkalische Akkumulatoren noch wesentlich höhere Lebensdauer besitzen.

In ähnlicher Weise wie in England beginnt man auch in den Vereinigten Staaten elektrische Grubenlampen in steigendem Maße zu verbessern und einzuführen[56 bis 59]).

Automobilbeleuchter und Anlasser. So verhältnismäßig jung auch die Verwendung von elektrischen Anlassern und elektrischer Beleuchtung bei Automobilen zurzeit noch ist, so hat doch zweifellos eine außerordentlich schnelle Entwicklung hier Platz gegriffen, ausgehend von den Erfahrungen, die zunächst in den Vereinigten Staaten[60 bis 64]) gesammelt wurden. In einem Bericht über die National Automobile Show in New York[65]) von Anfang 1913 wird darauf hingewiesen, daß bei Luxusfahrzeugen nunmehr fast ausschließlich elektrische Beleuchtungseinrichtungen und Anlaßmaschinen zur Verwendung kommen, und zwar soll in Nordamerika der Prozentsatz der Wagen mit diesen Vorrichtungen etwa 90% betragen, gegenüber 47% bei den Wagen des vorhergehenden Jahres. Die Gewichte der Anlasser sind durch fortwährende Verbesserungen bis auf 9 kg heruntergegangen. Inzwischen ist auch in Deutschland der Bau von Anlassern durch verschiedene Firmen energisch in die Hand genommen worden[66 bis 68]). Einen ausführlichen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Anlasser sowie über die verschiedensten Anlaßsysteme im allgemeinen gibt eine sehr gründliche Arbeit von Schirmbeck[69]); der Verfasser stellt alle bis dahin vorliegenden Erfahrungen kritisch zusammen und sichtet sie nach ihrer praktischen Bedeutung. Als Ergänzung zu seinem Aufsatze über Selbstanlasser bespricht Schirmbeck[70]) weiter auch die Beleuchtung von Benzinautomobilen mit Hilfe von Dynamomaschinen und Akkumulatoren.

Kleinbatterien. Für Gleichstromsicherungs- und Telegraphenanlagen hat sich ein steigendes Anwendungsgebiet der Akkumulatoren herausgebildet[71]). Eine besonders für Meßzwecke gebaute Batterie wird von Dey[72]) beschrieben. Ferner wird über eine Batterie der Varta, die vor kurzem auf dem englischen Markt eingeführt wurde, berichtet. Die geladenen Elemente kommen ohne Säure, mit getrockneten Elektroden zum Versand, können lange Zeit in diesem

Zustande aufbewahrt werden und sind nach Füllung mit verdünnter Schwefelsäure sofort gebrauchsfähig[73]).

Die Flugzeugtechnik hat kleine Batterien zur Beleuchtung von Flugapparaten seit einiger Zeit benutzt[74]), während nach dem Vorschlage von Donath[75]) eine hochtemperierte, durch Akkumulatoren gespeiste Glühlampe mit Reflektor dazu dient, sowohl vom Flugzeug zur Erde, als auch umgekehrt Zeichen und Berichte mit Hilfe des Morsealphabets zu übermitteln. Natürlich lassen sich diese Signalspiegel auch sonst noch für verschiedenste Verwendungszwecke sehr vorteilhaft und wirkungsvoll benutzen.

[1]) Lunnson, Bennet u. Cole, JB 1913, S 128. — [2]) Fox, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 580. — [3]) Thierbach, El. Kraftbetr. 1913, Nr 35; ETZ 1914, S 161. — [4]) Rohrbeck, El. Nachrichten 1913, S 697. — [5]) Weiland, ETZ 1914, S 414. — [6]) v. Winkler, El. Masch.-Bau 1914, S 869. — [7]) Maurice, Transactions Inst. Mining Eng. Bd 39, Teil 4. — [8]) Milton, El. World Bd 63, S 711. — [9]) El. World Bd 63, S 674. — [10]) Beckmann, ETZ 1914, S 909. — [11]) Gyaros, El. Kraftbetr. 1914, S 202. — [12]) v. Holmgren, El. Masch.-Bau 1914, S 404. — [13]) Löwit, El. Kraftbetr. 1914, S 405. — [14]) M. Büttner, El. Kraftbetr. 1914, S 11. — [15]) v. Bode, Zschr. Ver. Dtsch. Eisenb. Verw. 1914, S 157. — [16]) Zschr. Ver. Dtsch. Eisenb. Verw. 1913, S 1567. — [17]) Aftonbladet 19. 11. 1913. — [18]) Zschr. Ver. Dtsch. Eisenb. Verw. 1913, S 1230. — [19]) El. Rlwy. Jl. 1913, Bd 44, S 622. — [20]) Schmeußer, ETZ 1914, S 469. — [21]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 1046. — [22]) Zschr. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 1028. — [23]) Zschr. Ver. Dtsch. Eisenb. Verw. 1914, S 1069. — [24]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 1347. — [25]) Pieper, Helios 1914, S 83. — [26]) The Chicago Daily News, 13. 12. 1913. — [27]) Lay, Automobile Bd 31, S 295. — [28]) Beckmann, Allgem. Automobil-Ztg. 1914. — [29]) Böttger, Aut. Rundsch. 1913, S 470. — [30]) El. World Bd 63, S 269. — [31]) Feuer u. Wasser 1914, S 81. — [32]) Central Station Bd 13, S 362. — [33]) El. World Bd 63, S 76. — [34]) El. World Bd 63, S 764. — [35]) Beckmann, ETZ 1914, S 1053. — [36]) Barsch-Olichschläger, Motorwagen 1913, S 861. — [37]) Geschäftsber. Düsseldfr. Straßenbahn 1913. — [38]) Spängler, El. Kraftbetr. 1914, S 517. — [39]) El. Kraftbetr. 1914, S 154. — [40]) Helios Fachz. 1914, S 499. — [41]) Wagenknecht, Prometheus 1914, S 520. — [42]) Aut. Rundsch. 1914, S 35. — [43]) ETZ 1914, S 1053. — [44]) Müller, Motorschiff u. Motorboot 1913, S 22. — [45]) El. Anz. 1914, S 375. — [46]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 334. — [47]) Jacob, El. Masch.-Bau 1914, S 384. — [48]) Dick, ETZ 1914, S 1089. — [49]) Currie, ETZ 1914, S 742. — [50]) Zschr. Ver. Dtsch. Eisenb. Verw. 1914, S 817. — [51]) Helios Exportz. 1914, S 471. — [52]) Schorrig, Soz.-Techn. 1914, S 88. — [53]) Schorrig, »Kali«, Zschr. f. Gewinn., Verarb., Verwert. d. Kalisalze 1913, S 484. — [54]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 518. — [55]) El. World Bd 63, S 928. — [56]) Prometheus 1914, S 166. — [57]) El. World Bd 62, S 1165. — [58]) Nach Engineering Bd 96, S 88. — [59]) Clark, Met. u. Erz. 1913, S 923. — [60]) Automobile 1913, S 1060. — [61]) Allg. Aut.-Ztg. 1913, S 21. — [62]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 315. — [63]) El. World Bd 63, S 109. — [64]) ETZ 1914, S 508. — [65]) El. World Bd 63, S 72. — [66]) Allg. Aut. Ztg. 1914, S 15. — [67]) Elektrotechniker 1914, S 151. — [68]) El. Masch.-Bau 1914, S 193. — [69]) Schirmbeck, Aut. Rdsch. 1913, S 491, 542. — [70]) Schirmbeck, Aut. Rundsch. 1914, S 285. — [71]) Stellwerk 1914, S 25, 33. — [72]) Dey, El. World Bd 62, S 1210. — [73]) Elchem. Z. Bd 20, S 102. — [74]) Gazette de Lausanne, 20. Januar 1914. — [75]) Gradenwitz, Welt d. Technik 1914, S 275.

IX. Anwendungen der Elektrochemie.

Galvanotechnik: Galvanoplastik, Galvanostegie und elektrolytische Analyse. Von Dr. Karl Neukam, Nürnberg. — Elektrometallurgie. Von Prof. Dr. Osw. Meyer, Klagenfurt. — Herstellung chemischer Verbindungen und deren Verwendung. Von Prof. Dr. K. Arndt, Charlottenburg.

Galvanotechnik.

Von Dr. Karl Neukam.

Galvanoplastik. Aus einem Vortrage von W. Pfanhauser[1]) über die Galvanoplastik, gehalten auf der Hauptversammlung der deutschen Bunsengesell-

schaft in Leipzig, sei erwähnt, daß in Europa zur Metallabscheidung etwa 2,5 Mill. Ampere, auf der gesamten Welt ca. 3 Mill. A verwandt werden. Dies entspricht rd. 15000 t niedergeschlagenem Metall. Deutschland und Österreich beteiligen sich hieran zusammen mit etwa 35%. Die Einrichtungen von etwa 60% aller galvanischen Betriebe sind von deutschen Fabriken installiert. Pfanhauser bespricht sodann die verschiedenen Metalle in ihrer Bedeutung für die Galvanotechnik. Die erste Stelle nimmt das Nickel ein, dann folgt das Zink, das elektrolytisch auf Drähte, Röhren und Bleche usw. abgeschieden, infolge seiner Rostsicherheit der Feuerverzinkung mehr und mehr Konkurrenz macht. Etwa 15% der Gesamtproduktion an verzinktem Draht werden in deutschen und österreichischen Werken auf elektrolytischem Weg verzinkt. Auch der Versilberung und Vergoldung sowie der Abscheidung von Kupfer und neuerdings von Eisen kommt hohe technische Bedeutung zu. Der Vortrag enthält fernerhin sehr interessante Angaben über die moderne Galvanoplastik in ihrer Anwendung zur Herstellung von Stereotypieplatten, der Schnellgalvanos, der besonders harten Nickelstahlgalvanos sowie der galvanoplastisch verkupferten Walzen für Tiefdruckpressen und der Matrizen für die Erzeugung von Wasserdrucken in der Papierindustrie. Eine instruktive Zusammenstellung über die Galvanoplastik in den graphischen Gewerben gibt auch H. Kochendörfer[2]), der über die Bestrebungen berichtet, die auf die Herstellung von brauchbaren Klischees aus Zelluloid und Azetylzellulose sowie aus Elektrolyteisen abzielen. Neben den Vorschlägen zum Ersatz der Wachsmasse beim Abprägen der Originale erwähnt Kochendörfer noch die neueren galvanoplastischen Verfahren in der Schriftgießerei und die Herstellung von Metallformen für Kautschuklettern. A. Wogrinz[3]) verbreitet sich über den Umbau einer alten galvanoplastischen Anlage zu einem modernen Betrieb mit unbeaufsichtigter Stromarbeit während der Nachtzeit, wobei als Stromquelle keine Akkumulatorenbatterie, sondern ein Umformeraggregat benutzt wurde. Das Metallisieren nichtleitender Oberflächen zum Zwecke späterer Galvanisierung betreffen die nachstehenden Verfahren. Nach Angabe der Société d'Aluminium française[4]) sollen Nickelüberzüge auf Glas und keramischen Flächen, ferner auch auf Aluminium in der Weise aufgebracht werden können, daß man die Waren in eine erwärmte Metallsalzlösung bringt, welche Zusätze von stark reduzierend wirkenden Phosphitlösungen enthält. Um Körper aus Kohle mit einem haltbaren Nickelüberzug zu versehen, werden sie nach dem Verfahren der Gebr. Siemens & Co.[5]) in gepulvertes Kupferoxydul eingebettet und erhitzt. Auf der hierbei entstandenen Kupferschicht kann im galvanischen Bad ein Nickelniederschlag erzeugt werden. P. Marino[6]) empfiehlt, die Oberfläche von porösen Gegenständen mehrmals mit Wasserglas zu überziehen und darauf eine alkalische Chlorsilberlösung aufzutragen, die durch Hydrazin zu einer feinen Schicht metallischen Silbers reduziert wird.

Galvanostegie.

Allgemeines. Über die elektrolytische Metallabscheidung veröffentlicht M. Schlötter[7]) einen Aufsatz, worin namentlich der Einfluß der Badzusammensetzung und der Stromverhältnisse auf die Struktur des Metallniederschlags erörtert wird. Er[8]) bespricht auch die verschiedenen Faktoren, welche für die Adhäsion zwischen Grundmetall und Metallüberzug in Frage kommen können. Die Haftintensität der verschiedenen Niederschläge läßt sich zahlenmäßig ausdrücken, sie kann ebenso von der Härte und der Oberflächenbeschaffenheit des Untergrundes wie von dem Gefüge der Abscheidung, insbesondere auch von absorbiertem Wasserstoff, beeinflußt werden. Die Entstehung von Legierungen mit dem Grundmetall wird durch die gleichen Umstände gefördert, die auch die Adhäsion erhöhen. Die von W. Pfanhauser angenommenen Stromlinien zwischen Anode und Kathode lassen sich nach einer von Schulz-Bannehr[9]) angegebenen Methode in einfacher Weise mit Zinkfeilspänen auf einem mit

Zinklösung befeuchteten Papier darstellen. Untersuchungen über schlechtleitende Überzüge auf Kupferanoden hat W. L. Miller[10]) mit verschiedenen Elektrolyten angestellt; er beschreibt auch einen Apparat, um die zulässige Stromdichte zu ermitteln. Über Metastabilitätserscheinungen an galvanisch abgeschiedenen Metallen, besonders an Zinn, berichten E. Cohen und W. D. Helderman[11]). A. Dietzel[12]) macht Prioritätsansprüche geltend gegenüber zwei von Löb[13]) beschriebenen Wagenkonstruktionen für galvanotechnische und elektrotechnische Zwecke. Eingehende Untersuchungen über das Silbervoltameter wurden von Rosa, Vinal, Daniels und Bates[14]) vorgenommen und dabei auch genaue Vergleichsversuche mit andern Voltameterkonstruktionen durchgeführt. Zur Bestimmung des freien Zyankaliums in galvanischen Bädern teilt G. E. Lundell[15]) eine schnelle und genaue Titrationsmethode mit.

Reinigung und Vorbehandlung. Die großen Schädigungen an Material und menschlicher Gesundheit, die durch unzweckmäßig eingerichtete Beizanlagen hervorgerufen werden, bespricht Walter[16]) und geht näher ein auf die gesetzlichen Vorschriften für Metallbeizereien. Das gleiche Thema behandelt F. Kölsch[17]), der besonders vom Standpunkt des Arztes die Gefahren der beim Gelbbrennen auftretenden „nitrosen Gase" beleuchtet. Zum Entfernen von Fett und Schmiermittelresten von metallischen Oberflächen sollen nach Th. R. Davidson[18]) die Gegenstände in schwach erwärmte konzentrierte Schwefelsäure eingetaucht werden, wobei die Verunreinigungen rasch verkohlen und durch Nachspülen mit warmem Wasser beseitigt werden. A. M. Kohler[19]) reinigt Metallgegenstände dadurch, daß er sie zusammen mit einer Platte aus Aluminium mit 2% Zn und Ag in ein alkalisches Bad bringt. Eine zum Reinigen kleinerer Gegenstände bestimmte Kipptrommel wurde der King Machine Co.[20]) geschützt. Sie ist schrägstehend auf einem Gestell drehbar angeordnet und besitzt an ihrer Innenwandung eine Heizschlange, die so mit dem Gestell verbunden ist, daß der Dampf in jeder Lage die Trommel durchströmen kann. B. Haas[21]) macht darauf aufmerksam, daß durch die in schlechten Sägespänen enthaltenen Gerbstoffe, Harze und sauren Zellsäfte leicht blankgebeizte Metallteile angegriffen werden können. Die Entkupferung und Neutralisation der starksauren Beizabwässer beschreibt A. Göpfert[22]) und teilt hierbei Näheres über sein patentiertes Verfahren mit. Um Messingbeizen wirksam zu erhalten, gibt R. Parish[23]) eine Methode an, nach welcher das von der Beize aufgenommene Metall galvanisch niedergeschlagen und die Säure wieder regeneriert wird.

Apparate. An neueren Konstruktionen von Galvanisierapparaten und Zubehörteilen wären die nachstehenden zu erwähnen. Von M. Coutelle[24]) wird eine Vorrichtung zum Galvanisieren von Massenartikeln beschrieben, bei welcher der perforierte Warenbehälter die Form einer flachen, runden Schachtel besitzt und an einem um den Rand gelegten Transportband gedreht werden kann. Der Apparat von L. Schulte[25]) besteht aus einem kastenförmigen Bottich mit einer polygonen Kathodentrommel. Diese ist in axialer Lage in einen Radkranz eingebaut und kann an diesem gedreht werden. Ein Apparat mit einem zylindrischen drehbaren Kathodenbehälter wurde A. Murphy[26]) geschützt. Gleichfalls für kleine Waren dient eine von Ch. J. Charlton[27]) angegebene Galvanisierungsvorrichtung in Gestalt eines geschlossenen, horizontal liegenden Kegels, der in seinem Innern einen ebenso gebauten, gelochten Warenkorb trägt. Zur Beförderung der Waren durch das Bad verwendet J. F. Daniels[28]) eine über dem Elektrolysiertrog angebrachte horizontale Transportschraube, die bei ihrer Drehung die Warenhalter mitführt. Dem gleichen Zweck dienen an dem Apparat von Mc. W. Tront[29]) zwei in das Bad einhängende endlose Bänder. E. B. Stone[30]) läßt bei seinem Apparat die an Führungsschienen hängenden Warenkörbe samt ihren Aufhängestäben in horizontaler Richtung durch das Bad wandern und sie selbsttätig durch Hebung aus dem Bottich heraus und in die Spülbehälter übertreten. Kurz zu berichten wäre noch über eine von Declere, Gresy und Pascalis[31]) konstruierte Vorrichtung zum Überziehen

von Spiegelbelägen mit einem galvanischen Schutzniederschlag, wobei die Zuführung des Kathodenstromes zu dem horizontal liegenden Spiegel durch einen kammartig ausgebildeten Messingrahmen erfolgt. Außerdem sei hingewiesen auf eine neue Stromabnahmerolle für Drahtgalvanisierung von J. A. Herrmann[32]) und die verschiedenen Konstruktionen von Anodenhaltern, wie sie von H. R. Boissier[33]), C. E. Leffel[34]) und der Spirella Co.[35]) angegeben wurden.

Bäder und Niederschläge. Die Verwendung von salizylsauren Metallsalzen als Elektrolytzusatz empfiehlt P. Marino[36]), während G. Sacerdote[37]) Eisen- und Mangansulfat sowie Aluminiumazetat in Vorschlag bringt.

Das von Canac und Tassily angegebene Verfahren zur Galvanisierung von Aluminium wurde von A. Wogrinz und F. Halla[38]) nachgeprüft. Letztere haben gefunden, daß man damit keine besonders guten Resultate erzielt; es ist besser, auf dem Aluminium erst aus zyankalischem Bad eine Zinkschicht niederzuschlagen, die dann beliebig weiter behandelt werden kann. Nach L. Bevenot[39]) soll beim Versilbern von Aluminium erst eine dünne Zwischenschicht einer Nickelsilberlegierung abgeschieden werden, die sich leicht stark versilbern läßt. Schwarzfärbungen auf Aluminium soll ein von F. A. Roux[40]) angegebenes alkalisches Molybdänbad liefern.

Die Abscheidung von Antimon zusammen mit Kupfer und Zink betrifft ein Verfahren der Electro Chemical Rubber and Manufacturing Co.[41]), nach welchem das Elektrolyt durch Auflösen einer Antimonlegierung hergestellt wird. Die Bedingungen für das Niederschlagen von Blei in festhaftender Form hat F. C. Mathers[42]) untersucht und in dem Zusatz von Pepton und ähnlichen Stoffen ein brauchbares Mittel zur Verbesserung der Abscheidung gefunden. Neuerdings empfiehlt er[43]) eine Aloeauskochung zu gleichem Zweck. F. C. Mathers und B. W. Cockrum[44]) berichten ferner über Versuche zur Bleifällung aus milchsauren und ameisensauren Lösungen, die gleichfalls Zusatzstoffe enthalten. Niederschläge von Kadmium sind, wie F. C. Mathers gemeinsam mit H. M. Marble[45]) feststellen konnte, nur dann in technisch einwandfreier Form zu erzielen, wenn den Bädern die gleichen Stoffe beigefügt werden, die auch die Abscheidung des Bleies günstig beeinflussen.

Der Frage der elektrolytischen Abscheidung von Eisen sind mehrere Veröffentlichungen gewidmet. P. Gelmo und F. Halla[46]) teilen ihre Untersuchungen mit, die sich hauptsächlich mit dem Langbein-Pfanhauserschen Bad beschäftigen. O. P. Watts und M. H. Li[47]) berichten über den Einfluß von Zusätzen zu den galvanischen Eisenbädern auf die Eigenschaften des Metallniederschlags. Die technische Gewinnung von elektrolytischem Eisen betreffen die Verfahren von A. Boucher[48]), der die Fällung auf einer rotierenden Kathode vornimmt, und von G. v. Tischenko[49]), welcher unter Verwendung einer heizbaren Kathode arbeitet.

Gegen das Abblättern der Kobaltniederschläge soll nach P. R. Jourdain und A. R. Bernard[50]) das Einleiten von Kohlensäure in die Elektrolytflüssigkeit Abhilfe schaffen. Für Messing- und Tombakbäder gibt F. Halla[51]) praktisch erprobte Rezepte, die glänzende Niederschläge liefern. Hingewiesen sei ferner auf einen Aufsatz[52]), der den Zusatz von Nickelkarbonat an Stelle von Arsenik gleichfalls zur Erzielung glänzender Messingabscheidungen behandelt. Die elektrolytische Darstellung von Messing mit Hilfe von rotierenden Elektroden besprechen O. W. Bennett und A. W. Davison[53]).

Wie aus den Untersuchungen von Bennett, Kenny und Dugliss[54]) über die elektrolytische Fällung von Nickel hervorgeht, lassen sich gute Niederschläge aus Nickelammonsulfatlösung erzielen, wenn man die Lösung an der Kathode dauernd alkalisch hält. Durch Rühren wird die Ausbeute erheblich schlechter. Ein Eisengehalt der Anode soll ohne Einfluß auf die Ausbeute sein. Für rostsichere Nickelüberzüge[55]) auf Eisen oder Stahl wird empfohlen, erst aus heißem, zyankalischem Bad zu versilbern, den Niederschlag weiter im sauern Kupferbad zu verstärken und dann erst zu vernickeln.

Ein Platinbad, das rein weiße Niederschläge liefert, gibt G. Nikolaus[56]) an, der außerdem die Schwierigkeiten bespricht, die beim Arbeiten mit Platinbädern zu überwinden sind. Erwähnt sei auch ein Aufsatz über die Herstellung von Palladiumniederschlägen[57]), die wegen ihrer absoluten Haltbarkeit neuerdings für Uhren und Skalenteile astronomischer Instrumente in Anwendung kommen. H. Kölsch[58]) nimmt die Abscheidung von Silber in salpetersäurehaltigem Bad vor, dem er Superoxyde zusetzt, um das Abblättern größerer Kristalle zu verhüten. Eine sehr harte Versilberung für Bestecke erzielt man nach H. Karstens[59]), wenn man mit silberarmen Bädern arbeitet. Die so hergestellten Silberauflagen sind nach vergleichenden Abschleifversuchen bedeutend widerstandsfähiger wie die Versilberungen aus den gewöhnlichen Bädern mit hohem Metallgehalt. Die Fleckenbildung an galvanisch versilberten Waren wird nach C. J. Burgess und L. T. Richardson[60]) hervorgerufen durch den Einschluß von Zyanverbindungen in den Metallniederschlag.

Nach umfangreichen Versuchen von O. P. Watts und A. C. Shape[61]) haben Lösungszusätze von Naphthol und Pyrogallol zu Zinkbädern günstige Wirkung. Untersuchungen über die Abscheidung von Zink bei hohen Stromdichten wurden ferner von J. N. Pring und U. C. Tainton[62]) ausgeführt. A. Barth[63]) beschreibt ausführlich die Bedingungen zur Erzielung guter Verzinkungen und gibt praktische Vorschläge zur Beseitigung von Fehlern und Störungen in den Bädern. Von F. C. Mathers und B. W. Cockrum[64]) wurden Versuche über günstige Verhältnisse zur Fällung von Zinn aus einfachen mineralsauren Salzen angestellt, die aber noch keine verwertbaren Resultate ergaben. Von B. Löwy und F. Müller[65]) stammt ein Verfahren, um galvanisch verzinnte Bleche dicht zu machen. Die Bleche werden in ein heißes Bad aus Paraffin und gewissen Metallsalzen getaucht, wobei der Überzug schmilzt, ohne daß Tropfenbildung eintritt. Beim Walzen der so erhitzten Blechtafeln wird die Verzinnung glänzend und porenfrei. Zur elektrolytischen Abscheidung von Bronze aus wässrigen Lösungen gibt R. Kremann[66]) ein Bad aus Kupfer und Zinnsalzen bekannt, mit Zusätzen von Zyankalium oder weinsauren Salzen. Kremann hat außerdem mit seinen Mitarbeitern Suchy und Maas[67]) Versuchsarbeiten über die Abscheidung von Legierungen aus Kupfer und Zinn sowie aus Nickel und Eisen veröffentlicht. Ferner berichtet derselbe gemeinsam mit J. Lorber[68]) über die Abscheidung von Eisen-Magnesiumlegierungen aus wässrigen Lösungen, ebenso über elektrolytisch erzeugte Legierungen[69]) aus Zirkon, Aluminium, Antimon und Chrom.

Elektrolytische Analyse.

Elektroden. Die im vorjährigen Bericht[70]) erwähnten Einwände gegen die Tantalelektroden haben O. Brunck[71]) veranlaßt, hiergegen Stellung zu nehmen. In seiner Erwiderung stellt er fest, daß das von G. Wegelin[72]) abgegebene ungünstige Urteil keinesfalls in der Materialfrage begründet sein kann, sondern daß die gerügten Mängel nur auf die Form der verwendeten Tantalkathoden zurückzuführen sind. Sie dürften bei Gebrauch der inzwischen von der Firma Gebr. Siemens herausgebrachten Netzkathoden behoben werden können. Die von Österheld[73]) befürchtete Zerstörung des Tantals durch Wasserstoffaufnahme hält Brunck unter den Stromverhältnissen, wie sie bei analytischen Arbeiten eingehalten worden, für ausgeschlossen. Den Ersatz des Platins in der Elektrochemie behandelt eine Veröffentlichung[74]), in der auch die Verwendungsmöglichkeit des Tantals in der Alkalielektrolyse erörtert wird. Eine sparsame Elektrodenapparatur für Schnellbestimmungen von Zink empfiehlt E. A. Lewis[75]). Als rotierende Kathode soll ein Kupfernetz dienen; die Anode wird durch einen um einen hakenförmigen Glasstab gewickelten Platindraht von nur 1 g Gewicht gebildet. Gleichfalls für Zinkfällungen gibt O. L. Barneby[76]) eine mit Silber plattierte Kupfernetzelektrode an; während zu Kupfer-, Zink- und Nickelbestimmungen nach dem Vorschlag von D. F.

Calhane und F. C. Wheaton[77]) Kathoden aus feinmaschiger verkupferter Messinggaze verwendet werden sollen. St. Jones[78]) dagegen empfiehlt neben Goldkathoden auch zylindrische Kathoden aus dünnem Messing- oder Kupferblech. Nach S. Zublena[79]) läßt sich Zink bei der von ihm veröffentlichten Schnellmethode für Zinkerze aus alkalischer Zinkatlösung auf einer Kathode aus Nickeldraht abscheiden. Rotierende Kupfernetzkathoden werden außerdem von W. J. Marsh[80]) für Nickelbestimmungen und andere Metalle empfohlen.

Spezielle Analysenmethoden. Eine äußerst interessante Veröffentlichung liegt von R. Heinze[81]) vor, der zum erstenmal versucht hat, die elektrolytische Fällung kleinster Mengen von Metallen auf einer rotierenden Kathode vorzunehmen. Die quantitative Mikroanalyse hat durch die von Heinze angegebene Apparatur und Arbeitsmethode einen erheblichen Ausbau erhalten, so daß es in Zukunft möglich sein wird, bei seltenen und nur in geringster Menge vorliegendem Untersuchungsmaterial zur Bestimmung und Trennung der Metalle ohne weiteres Schnellmethoden erfolgreich anzuwenden, selbst wenn es sich um Beimengungen handelt, die nur Bruchteile von Milligrammen betragen.

Bei der Abscheidung von Kupfer aus salpetersaurer Lösung ist es nach H. Cloukey[82]) empfehlenswert, dem Elektrolyt etwas Natriumazetat zuzufügen. B. F. Richardson[83]) bespricht die Trennung des Kupfers von Arsen sowie des Wismuts, ebenso wird von A. Sieverts und W. Wippelmann[84]) eine schnellelektrolytische Kupfertrennung von Arsen angegeben, die gute Resultate ergibt, wenn das Arsen in fünfwertiger Form vorliegt. Einen etwas komplizierten Analysengang zur Untersuchung der als Deltametall bekannten Messinglegierung beschreiben K. Belasio und M. Marchionneschi[85]). Von M. L. Bertiaux[86]) stammt eine Methode zur Bestimmung von Kupfer, Nickel und Kobalt im Handelsnickel; derselbe[87]) gibt außerdem gelegentlich der Analyse von Zinn- und Bleischlacken ein elektrolytisches Trennungsverfahren von Zinn und Blei. R. Belasio[88]) empfiehlt bei der Untersuchung von technischem Aluminium das Zinn direkt unter Zugabe von oxalsaurem Ammonium zu fällen. Eine neue Bestimmungsmethode für Antimon beschreibt N. K. Chaney[89]), der die Abscheidung aus kochender ammoniakhaltiger Schwefelammonlösung vornimmt. Zur Trennung von Antimon und Zinn erweist sich nach seiner Erfahrung Kalziumhydrosulfid sehr vorteilhaft. Die kathodische Bestimmung von Blei als Metall gelingt nach R. Gartenmeister[90]), wenn man dem salpetersauren Elektrolyt eine genügende Menge Gallussäure zusetzt. Die Bestimmung von Kobalt und Uran im Stahl, die indirekt unter Zuhilfenahme von elektrolytischer Fällung ermittelt werden, bespricht H. König[91]). Man vergleiche hierzu den Bericht über die Sitzung der Chemiker-Kommission[92]) des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute. M. S. Losanitsch[93]) beschreibt eine elektrolytische Quecksilberbestimmung im Knallquecksilber, während von H. Palme[94]) die Bestimmung des gleichen Metalls im Harn angegeben wird. Für die Metalle Molybdän, Wolfram und Uran, die in den letzten Jahren durch ihre zunehmende Verwendung in der Glühlampenfabrikation und Stahlindustrie erhöhtes Interesse erlangt haben, konnten von A. Fischer[95]) günstige Bedingungen zur Abscheidung und Trennung in Form ihrer Oxyde herausgefunden werden. Einen elektrolytischen Gleichrichter mit Aluminium-Bleielektroden zur Umwandlung des Wechselstromes der Straßenleitung in Gleichstrom von gewünschter Form, insbesondere für elektrolytische Zwecke, gibt R. Belasio[96]) an, während von H. Ziegel[97]) eine Einrichtung zur Elektroanalyse mit näheren Angaben über Schalttafeln, Anordnung von Voltmetern usw. beschrieben wird.

[1]) Pfanhauser, Z. Elchem., Bd 20, S 437. — [2]) Kochendörfer, Metall 1914, S 351. — [3]) Wogrinz, Metall 1914, S 105. — [4]) Société d'Aluminium française, FP Nr 464721; Chemikerztg. Rep. Bd 38, S 588. — [5]) Gebr. Siemens & Co., DRP Nr 273843, Kl 75c. — [6]) P. Marino, DRP Nr 271403, Kl 48a. — [7]) Schlötter, Metall 1914, S 7. — [8]) Schlötter, Chemikerztg. Bd 38, S 289. — [9]) Schulz-Bannehr, Metall 1914, S. 240. — [10]) Miller,

Met. Chem. Eng. Bd 12, S 714. — [11]) Cohen u. Helderman, Chem. Weekblad Bd 11, S 83. — [12]) Dietzel, Z. Elchem. Bd 20, S 463. — [13]) Löb, D. Goldschmiedeztg., April 1914. — [14]) Rosa, Vinal, Daniels u. Bates, Bull. Bureau Standards Bd 9, S 151, 209, 493; J. Franklin Inst. Bd 177, S 337, 338. — [15]) Lundell, Met. Chem. Eng. Bd 12, S 340. — [16]) Walter, Metall 1914, S 14. — [17]) Kölsch, Metall 1914, S 44. — [18]) Davidson, DRP 277834, Kl. 48d. ÖP 67209, Kl 48d von 1914. — [19]) Kohler, DRP 271548, Kl. 40b. — [20]) King Machine Co., DRP 277302, Kl. 48b. — [21]) Haas, Metall 1914, S 450. — [22]) Göpfert, Metall 1914, S 332. — [23]) Parish, USP 1086079. — [24]) Coutelle, DRP 277128, Kl. 48a. — [25]) Schulte, DRP 281032, Kl. 48a. — [26]) Murphy, USP 1105292. — [27]) Charlton, USP 1093384. — [28]) Daniels, USP 1108145. — [29]) Trout, USP 1107464. — [30]) Stone, USP 1108410. — [31]) Declere, Gresy und Pascalis, DRP 275597, Kl. 48a. — [32]) Herrmann, DRP 279043, Kl. 48a. — [33]) Boissier, USP 1091185. — [34]) Leffel, USP 1085743, 1085744. — [35]) Spirella Co., DRP 270843, Kl. 48a. — [36]) Marino, EP 28953 von 1913. — [37]) Sacerdote, USP 1109181. — [38]) Wogrinz u. Halla, Metall 1914, S 375. — [39]) Bevenot, FP 466193. — [40]) Roux, USP 1095357. — [41]) Elchem. Rubber and Mfg. Co., DRP 272762, Kl. 48a. — [42]) Mathers, Am. Elchem. Soc. s. Z. angew. Chem. Bd 27, II, S 88. — [43]) Mathers, Met. Chem. Eng. Bd 12, S 714. — [44]) Mathers u. Cockrum, Met. Chem. Eng. Bd 12, S 714. — [45]) Mathers u. Marble, Met. Chem. Eng. Bd 12, S 714. — [46]) Gelmo u. Halla, Metall 1914, S 57. — [47]) Watts u. Li, Met. Chem. Eng. Bd 12, S 343. — [48]) Boucher, USP 1086132. — [49]) von Tischenko, DRP 270657, Kl. 18b. — [50]) Jourdain u. Bernard, DRP 275493, Kl. 48a. — [51]) Halla, Metall 1914, S 328. — [52]) Brass World Bd 10, S 22. — [53]) Bennett u. Davison, J. Physical Chem. Bd 18, S 488; Met. Chem. Eng. Bd 12, S 340. — [54]) Bennett, Kenny u. Dugliss, J. Physical Chem. Bd 18, S 373; Met. Chem. Eng. Bd 12, S 340. — [55]) Bayr. Ind. u. Gewerbebl. Bd 46, S 206. — [56]) Nikolaus, Elchem. Z. Bd 21, S 193. — [57]) Bayr. Ind. u. Gewerbebl. Bd 46, S 284. — [58]) Kölsch, DRP 268264, Kl. 48a. — [59]) Karstens, Metall 1914, S 155. — [60]) Burgess u. Richardson, Z. angew. Chem. Bd 27, I, S 211. — [61]) Watts u. Shape, Met. Chem. Eng. Bd 12, S 339. — [62]) Pring u. Tainton, J. Chem. Soc. Bd 105, S 710. — [63]) Barth, Bayr. Ind. u. Gewerbebl. Bd 46, S 192. — [64]) Mathers u. Cockrum, Met. Eng. Chem. Bd 12, S 715. — [65]) Löwy u. Müller, DRP 267375, Kl. 48a. — [66]) Kremann, DRP 267718, Kl. 48a. — [67]) Kremann, Suchy u. Maas, Wiener Monatshefte Bd 34, S 1757; Bd 35, S 219, 731. — [68]) Kremann u. Lorber, Wiener Monatshefte Bd 35, S 603. — [69]) Kremann, Lorber u. Maas, Wiener Monatshefte Bd 35, S 581. — [70]) JB 1913, S 138. — [71]) Brunck, Chemikerztg. Bd 38, S 565. — [72]) Wegelin, Chemikerztg. Bd 37, S 989. — [73]) Oesterheld, Z. Elchem. Bd 19, S 585. — [74]) L'Industrie Èlectr. Bd 23, S 97. — [75]) Lewis, J. Chem. Soc. Ind. Bd 33, S 445. — [76]) Barneby, J. Am. Chem. Soc. Bd 36, S 1144. — [77]) Calhane u. Wheaton, Met. Chem. Eng. Bd 12, S 87; Lum. él. R 2, Bd 25, S 506. — [78]) St. Jones, Chem. Soc. Ind. Bd 33, S 445. — [79]) Zublena, Annali Chim. Appl. Bd 1, S 302. — [80]) Marsh, Met. Chem. Eng. Bd 12, S 709. — [81]) Heinze, Z. angew. Chem. Bd 27, I, S 237. — [82]) Cloukey, J. Ind. and Eng. Chem. Bd 6, S 265. — [83]) Richardson, Z. anorg. Chem. Bd 84, S 277. — [84]) Sieverts u. Wippelmann, Z. anorg. Chem. Bd 87, S 169. — [85]) Belasio u. Marchionneschi, Annali Chim. appl. Bd 1, S 127. — [86]) Bertiaux, Ann. Chim. anal. Bd 18, S 377. — [87]) Bertiaux, Ann. Chim. anal. Bd 18, S 217. — [88]) Belasio, Annali Chim. appl. Bd 1, S 101. — [89]) Chancy, J. Chem. Soc. Ind. Bd 35, S 1482. — [90]) Gartenmeister, Chemikerztg. Bd 37, S 1281. — [91]) König, Chemikerztg. Bd 37, S 1106. — [92]) Stahl u. Eisen 1914, S 274. — [93]) Losanitsch, Monatshefte f. Chem. Bd 35, S 307. — [94]) Palme, Z. physiolog. Chem. Bd 89, S 345. — [95]) Fischer, Z. angew. Chem. Bd 27, I, S 331. — [96]) Belasio, Annali chim. appl. Bd 1, S 114. — [97]) Ziegel, J. Am. Chem. Soc. Bd 36, S 1450.

Elektrometallurgie.

Von Prof. Dr. Oswald Meyer.

Elektrische Eisenerzeugung.

Über die **Entwicklung** und den **gegenwärtigen Stand der Elektroeisenerzeugung** gibt das Werk Meyers[1]): „Geschichte des Elektroeisens mit besonderer Berücksichtigung der zu seiner Erzeugung bestimmten elektrischen Öfen“ ausführlichen Aufschluß. Die Jahreserzeugung ist mit 300000 t anzusetzen, welche von mehr als 250 Öfen geliefert werden. Auch Rußland und Mexiko beteiligen sich hieran. Im Berichtsjahre wurde der Herstellung des Elektrolyteisens und dem Umschmelzen von Ferromangan besonderes Interesse zugewendet.

Die Erzeugnisse der Elektroschmelzverfahren stehen infolge ihrer Homogenität, Dichte, Reinheit, Gasfreiheit und Bearbeitungsfähigkeit an erster Stelle, sie sind auch gegen Witterungseinflüsse widerstandsfähiger als gewöhnlicher Flußstahl. Der Kohlenstoffgehalt läßt sich erhöhen, ohne Dehnung und Schlagfestigkeit zu beeinträchtigen; die Oberflächenabnutzung ist gering. Diese Erzeugnisse werden überall dort den Vorzug beanspruchen dürfen, wo höhere Beanspruchungen jedweder Art an ein Material gestellt werden. Insbesondere gilt dies von Spezialstahlsorten und Legierungen derart, daß der Tiegelstahl allmählich verdrängt wird. Die italienischen Staatsbahnen stellen beispielsweise Lokomotivbandagen aus Elektrostahl her. Auch in Gießereien kommt der Tiegel allmählich ab, da der Stahlformguß mit Hilfe des Elektroofens billiger kommt als Tiegel- und Konvertermaterial. Heute wird fast ebensoviel Elektrostahl als Tiegelstahl erzeugt. Gießereiroheisen, Legierungen mit Titan- und Chromgehalt für Sondergüsse werden elektrisch hergestellt.

Der Erzeugung von Konstruktionsstahl ist man mit Erfolg nähergetreten. Man bereitet ihn aus Schrott unter Roheisenzusatz oder auch durch Nachraffination nach dem Birnen- und Flammofenprozeß, wobei auch das sog. Erzfrischverfahren angewendet werden kann. Eisenbahnschienen, Drähte, Bleche, nahtlose Rohre u. a. werden mit Vorteil auf elektrischem Wege erhalten. Ein voller Ersatz des Konverters und Martinofens hat jedoch bisher nicht stattgefunden, da das elektrische Verfahren für diesen Zweck noch zu kostspielig ist. Die Elektrostahlerzeugung geschieht nach wie vor nach dem indirekten Verfahren aus Roheisen und Schrott, da die Versuche zur direkten Eisenerzeugung bisnun noch zu teuere Arbeitsweisen ergeben.

Die Elektrolyse hat sich praktisch noch wenig eingeführt. Immerhin hat sowohl die direkte elektrische als auch die elektrolytische Eisenerzeugung in der letzten Zeit wesentliche Fortschritte zu verzeichnen.

Unter den Elektroeisen produzierenden Staaten steht Deutschland mit etwa 60 Öfen an erster Stelle, Frankreich an zweiter, die Vereinigten Staaten von Nordamerika an dritter Stelle. Die Elektroroheisenerzeugung wird fast ausschließlich in Skandinavien betrieben, indessen zeitigte dort der elektrische Raffinationsprozeß keinen wirtschaftlichen Erfolg. Das verbreitetste Ofensystem ist jenes von Héroult. Héroults Namen tragen mehr als ein Viertel aller bestehenden Elektroöfen für die Eisenerzeugung und auch die Öfen zur Aluminiumgewinnung. Paul Héroult, der erfolgreichste Elektrometallurge, verschied leider am 9. Mai 1914[2]) an Bord seiner Jacht im Mittelländischen Meere. Er hinterläßt dem Hüttenmann ein reiches Erbe.

Kurze Überblicke über die Entwicklung der elektrischen Eisen- und Stahlerzeugung gaben Eichhoff[3]), Woolsey Johnson und Sieger[4]), Engelhardt[5]) und Johnson[6]).

Roheisen. Die Darstellung auf elektrischem Wege wurde in letzter Zeit durch das Bestreben gekennzeichnet, Schliech und Kohle bzw. Koks beim Reduktionsprozeß in Anwendung zu bringen. Neumann[7]) berichtet über die bezüglichen Versuche in Skandinavien und Amerika. Die Versuche am Trollhättan haben ergeben, daß der Beschickung des elektrischen Hochofens nicht mehr als 20%

Schliech beigesetzt werden darf, und daß Koks allein nicht verwendet werden kann, daher dort vornehmlich mit Holzkohle gearbeitet wird. Diese Ergebnisse sind jedoch nach Forup, Thorne und Vogt[8]) nicht ohne weiteres übertragbar. Dementsprechend setzte man die Versuche andernorts fort, und es gelang in den Werken bei Notodden am Tinfluß, mit Öfen nach Lorentzen das angestrebte Ziel zu erreichen und Erze unter Zuhilfenahme eines Gemisches von Koks und Holzkohle zu verhütten. Nunmehr wurde auch in Ulefos[9]) anfangs 1914 eine elektrische Roheisenanlage in Betrieb gesetzt, welche nur mit Koks arbeiten soll. In Héroult[10]) in Kalifornien konnte ein Gemisch von 60% Koks und 40% Holzkohle zur Anwendung kommen. In Öfen mit 6 Lichtbogenelektroden wurde gleichmäßigeres Roheisen erhalten als bei 4 Elektroden. Die genannten Betriebsstätten schreiten in der Entwicklung rüstig vorwärts, indessen das Hardanger Elektriske Jern-og-Staalverk laut Bericht des Herrn Oedquist[11]) geschlossen werden mußte. Eine Untersuchungskommission der

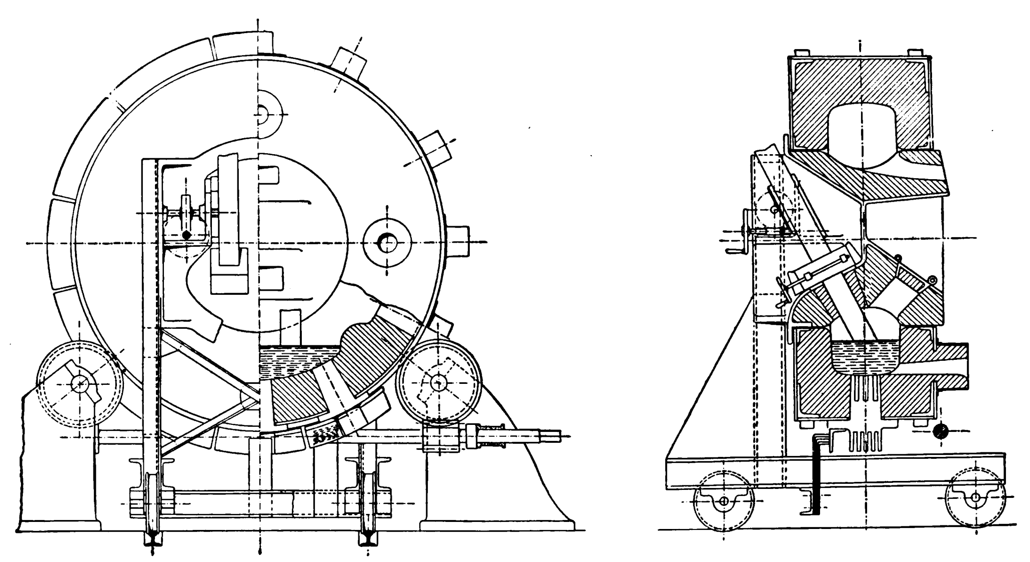


Abb. 13. Drehbarer Ringofen nach v. Schatzl. (Aus O. Meyer, Elektroeisen.)

norwegischen Regierung erhob, daß das Werk statt gutem Erz und Holzkohle Rödsandschliech und englischen Koks verhütten mußte und sich weder das Brikettieren noch das Sintern des Schliechs bewährte[12]). Man hatte den großen Stromverbrauch von 3400 kWh und eine Elektrodenabnutzung von 11 bis 40 kg Kohle für die Tonne fertiges Roheisen erhalten[13]).

Über die Arbeiten in Hagfors[14]), die Moffat Irving Steel Works Ltd. in Toronto in Kanada[15]), die Domnarvfetanlage[16]) und den Helfensteinofen in Domnarvfet[17]) werden günstige Berichte gegeben.

Hering sucht seinen auf der Ausnutzung des Pincheffektes beruhenden Roheisenofen mit einem seitlich darunter liegenden Stahlofen zu verbinden[18]).

Eisen und Stahl. Als auffälligste Erscheinungen des Jahres 1914 treten der zylindrische Ofen von Rennerfeldt[19]) und der drehbare Ringofen nach v. Schatzl[20]) (Abb. 13) auf. Letzterer wurde neuerdings verbessert[21]).

Der Rennerfeldtofen besteht aus einer um eine wagerechte Achse drehbaren zylindrischen Schmelzkammer. Diese ist sowohl mit ungefähr wagerechten Elektroden, die durch die vertikal verschiebbaren Stirnwände eingeführt werden können, als auch mit einer oder mehreren radial gerichteten Elektroden versehen, welche durch den zylindrischen Mantel hindurchgesteckt sind; derzeit werden in Schweden vier dieser Öfen betrieben.

Die Westdeutschen Thomasphosphatwerke bauen einen neuen Ofen mit Oberflächenelektroden und mit Bodenpolen, die am ganzen Umfange des Herdes verteilt sind. Diese werden paarweise an verschiedene Stromkreise angeschlossen, so daß die Erhitzung des Schmelzbades örtlich geregelt werden kann[22]). Die genannten Werke nahmen auch einen Zusatz zum Hauptpatent DRP 248437[23]). Sie wollen die Bodenelektroden so nach aufwärts ziehen, daß sie einen möglichst großen Teil der Ofenfüllung umfassen. Ferner wird die Neutrale des einzigen hierbei zur Verwendung gelangenden Generators so verschiebbar angeordnet, daß je nach Bedarf der größere Teil der elektrischen Energie nach den oberen oder unteren Polen geführt werden kann. Die Société anonyme électrométallurgique procédées Paul Girod[24]) in Ugine versucht eine unsymmetrische Sternschaltung bei ihren mit Drehstrom betriebenen Öfen mit Oberflächenelektroden, und Forsberg[25]) will den elektrischen Ofen mit einem Lancashireherd verbinden.

Kunze[26]) beschreibt die mit Nathusiusöfen ausgestattete neue Elektrostahlanlage in Sosnowice. Diese arbeitet mit einem Höchstwerte der auftretenden Stromstöße von nicht mehr als 5% über dem Normalwert der Belastung. Die Anlage bewährt sich aufs beste; damit ist die Behauptung widerlegt, daß das Einschmelzen festen Einsatzes in Lichtbogenöfen wegen der starken Schwankungen des Strombedarfes nur auf Hüttenwerken mit sehr reichlich bemessener elektrischer Kraft durchgeführt werden könne. Die Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke und Rodenhauser[27]) patentierten ihren Drehstromwiderstandsofen mit Scottscher Schaltung unter Anwendung von Herdelektroden allein oder verbunden mit Oberflächenelektroden. Über die Röchlingschen Induktionsöfen neuer Art berichtet auch Guggenheim[28]). V. Stobie[29]) in Sheffield nahm ein Patent auf seinen für metallurgische und chemische Zwecke bestimmten Lichtbogenofen zum Betriebe mittels Mehrphasenstrom. Der Ofen wird mit Dreiphasenstrom in Sternschaltung gespeist, bei welchem auch an den vom Nullpunkte des Systems ausgehenden Nullleiter eine oberhalb des Schmelzgutes befindliche Elektrode angeschlossen ist.

Pierre Lescure[30]) will einen Induktionsofen bauen, bei dem der Schmelzkanal in schraubenförmigen Windungen um den rahmenförmigen Transformatorkern gelegt ist.

Über einen zum Umschmelzen von Tiegelstahl, Schrott und schwedischem Roheisen verwendeten Kjellinofen berichtet Härden[31]). Hiorth[32]) patentierte ein Verfahren zum Raffinieren von Eisen und Stahl, insbesondere zur Entphosphorung im Induktionsofen. Das hier aus der Schlacke erhaltene Phosphoreisen wird im basischen Bessemerprozeß weiter verwertet. Guggenheim[33]) will den örtlichen Verlauf der Kraftlinien in den elektrischen Öfen durch Zusatzwicklungen des Elektromagnets beeinflussen. Sein Verfahren arbeitet mit Wirbelströmen.

Für den sauer zugestellten Elektroofen setzt sich Müller[34]) gelegentlich der Besprechung des Girodofens der Gute Hoffnungshütte kräftigst ein. Der ursprünglich basische Ofen wurde nachträglich mit saurer Masse ausgekleidet. Bei Behandlung von flüssigem Martineisen wurden Stromverbrauch und Schmelzdauer verkürzt und an Desoxydationsmitteln gespart. Die Kosten für Zustellung und Instandhaltung wurden geringer, jene an Material für den Zuschlag sanken, da die saure Endschlacke vorteilhaft immer wieder zugesetzt werden konnte. Die sauren Öfen bieten daher bei an P und S reinem Einsatz wirtschaftliche Vorteile.

Mit der Herstellung von Elektroden und Heizwiderständen beschäftigen sich die Erfindungen der Société générale des Nitrures in Paris[35]) und die Fried. Krupp A.-G. in Essen a. d. Ruhr[36]).

Elektrolyteisen wurde von Breslauer einer Untersuchung unterworfen, welche ergab, daß dasselbe im Elektromaschinenbau mannigfache Vorteile vor dem bisher verwendeten Dynamoblech aufweist (vgl. JB 1913, S 25). Das nach dem Fischerschen Verfahren hergestellte Blech der Langbein-

Pfanhauser-Werke wies besonders hohe Permeabilität auf. Bei Motoren und Transformatoren ergibt das allgemein verwendete hochsilizierte Eisen ein um 50% größeres Gewicht als Elektrolyteisen[37]. Pfanhauser[38]) berichtet über das Fischersche Eisen, daß es auch zu Druckplatten, Prägeformen für Papier und Leder, Gießformen für leicht schmelzbare Metalle und Gummi Verwendung findet. Eine Legierung von 95% Elektrolyteisen und 5% Kupfer gibt ein nickelähnliches Material, das nicht rostet und gegen Säuren widerstandsfähig ist. Von verstählten Kupferplatten nach den Pfanhauserschen Patenten berichten Gelmo und Halla[39]). Besonders günstig erwies sich das Umschmelzen von Elektrolyteisen im luftverdünnten Raum, welchen Versuch Trygve Yensen[40]) im kleinen durchführte. Eisen, das man auf rotierenden Kathoden in neutralen Bädern nach dem Verfahren der Compagnie Le Fer in Grenoble galvanisch darstellte, wird nach Guillet[41]) in den Werken St. Marie und Gravigny und in jenen der Gesellschaft Bouchayer und Viallet in Lyon zur Erzeugung von Röhren, Blechen und reinstem Schmelzmaterial mit Erfolg verwendet. Es ist hart und brüchig, wird aber durch Ausglühen bei 900° C auf 40% Dehnung nach Bruch gebracht. Das aus Gußeisen erhaltene Elektrolyteisen unter Vakuum zu schmelzen und sodann Gase durch die Schmelze durchzudrücken, um das weiche Eisen in Stahl zu verwandeln, wollen Plauson und Tischenko[42]) versuchen. Tischenko[43]) fand auch eine Methode zur elektrolytischen Gewinnung von Eisen unter Verwendung von dampfgeheizten Elektroden. Charles Reed bindet das Säureradikal SO_4, welches bei Fällung von Eisen aus seinen Sulfatlösungen entsteht, durch Anoden aus schwammigem Blei und will so die anfängliche Nutzleistung des Elektrolyts dauernd bewahren.

Mit der Anwendung der Elektrolyse auf die **direkte Eisenerzeugung** beschäftigten sich über Auftrag des Jernkontors Palmaer und Brinell[44]). Sie machten Versuche im Laboratorium von Cowper Coles in London und fanden, daß ein gutes Raffinationsergebnis zu erhalten sei.

Der bekannte Metallurge Hiorth[45]) will seinen Ofen auch der Erzeugung von Eisen direkt aus den Erzen widmen, indem er einen Reduktionsofen mit einem Raffinationsflammbogenofen verbindet. Die Abgase des ersteren werden durch einen Lichtbogen hindurch zum Raffinationsofen und von diesem durch den Gaserzeuger wieder zum Reduktionsofen getrieben. Die Moffat Irving Steel Works[46]) in Toronto stellen Stahlguß aus den Erzen in einem Schachtofen her. Diesem wird feines Erz und feiner Koks seitlich zugeführt, während im Herde die Raffination unter Anwendung des elektrischen Lichtbogens erfolgt.

Humbert und Hethey[47]) berichten über Versuche, welche in einem Héroultschen Ofen zu 6 t mit schwedischen und brasilianischen Erzen durchgeführt wurden. Der Stromverbrauch war 2450 bis 2600 kWh, der Elektrodenbedarf 32 kg für die Tonne guten Stahles. Neumann[48]) hält aber das direkte Verfahren trotz der vorgenannten Erfolge für Deutschland, England und Nordamerika nicht für wettbewerbsfähig.

Elektroeisenguß. Die Moffat Irving Steel Works[49]) erzeugen Stahlformguß aus Erzen mit Hilfe ihres elektrischen Schachtofens. Auch der Rennerfeldtsche Ofen wird für Stahlformguß verwendet. Mit besonderem Erfolge bemüht sich um denselben die Treadwell Engineering Co. in Easton, Pa.[50]). Sie arbeitet mit einem Héroultschen Ofen für Drehstrom und erhält Material von 40 bis 70 kg/mm² Zerreißfestigkeit bei guter Dehnung und Kontraktion. Ausgeglühte Stücke weisen die Koeffizienten guten Flußeisens auf. Die Ergebnisse der Ermüdungsproben nach Wöhler fallen besonders günstig aus. Die Treadwell Co. erzeugt vornehmlich Formstücke für den Kraftwagenbau; auch Autoräder werden hergestellt. Anderwärts wird der Elektrostahlformguß mit ebensolchem Erfolg benutzt[51]). Seine Widerstandsfähigkeit gegen Stoßwirkung erweist sich dreimal so hoch als jene von gewöhnlichem Stahlguß[52]). Nach Clarck[53]) muß bei Tiegelstahlguß reinstes Material eingesetzt werden, während beim Elektrostahlguß auch weniger reiner Einsatz Verwendung finden kann. Gewöhnliches Gußeisen sucht Stobie[54]) in seinen Öfen zu verbessern.

Eisenlegierungen werden nun auch in den Pyrenäen auf elektrischem Wege hergestellt[55]). Von der Produktion in Frankreich entfielen im Jahre 1904 17%, im Jahre 1910 37% auf die elektrische Erzeugung und diese steigt noch weiter. Mit diesen Angaben ist ein Hinweis auf die rasche Entwicklung der genannten Industrie gegeben. Die auf elektrischem Wege erzeugten Ferrolegierungen können kohlenstoffrei und hochprozentig hergestellt werden, wodurch immer neue Anwendungsgebiete erschlossen werden.

Indenkamp macht Mitteilung über die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Ferromanganschmelzöfen und betont, daß zu diesen alle bekannteren Typen, mit Ausnahme jener von Stassano und Frick, gezählt werden können. Der Héroultsche Ofen wird für diesen Zweck mit Drehstrom betrieben. Es werden 800 kWh und 5 kg Elektrodenkohle für das Umschmelzen von 1 t Ferromangan benötigt. Die Ersparnisse an dieser Legierung betrugen bis zu 2,5 kg auf die Tonne fertigen Erzeugnisses, ohne seiner Qualität Eintrag zu tun. Der Abbrand soll durch Überdecken des flüssigen Ferromangans mit Kohlenpulver vollkommen verhindert werden. Nach Engelhardt haben die Induktionsöfen den besten wirtschaftlichen Erfolg auf diesem Gebiete aufgewiesen; Frick gibt an, daß sein Ofen 70%, der Lichtbogenofen höchstens 50% Nutzeffekt gibt.

Engelhardt[56]) tritt für das Umschmelzen des Ferromangans auf elektrischem Wege ganz besonders ein. Er meint in Zusammenfassung verschiedentlicher Ausführungen, daß für das Einschmelzen im basischen Konverterbetrieb der elektrische Ofen an erste Stelle gerückt erscheint und sich auch im Martinbetriebe hierzu bewähren dürfte. Die Gesellschaft für Elektrostahlanlagen in Berlin-Nonnendamm und Rodenhauser[57]) patentierten eine Zustellung für elektrische Öfen zum Umschmelzen von Ferromangan, Ferrosilizium und anderen Legierungen nebst einem Arbeitsverfahren hierzu.

Andere Metalle.

Nach Engelhardt[58]) sind die elektrothermischen Verfahren noch nicht genügend wirtschaftlich für den Wettbewerb. Hingegen nimmt das elektrolytische Verfahren zur Kupfergewinnung einen großen Anlauf. In Chile werden solche Werke gebaut. Zumeist werden oxydische Erze, welche in der Natur vorkommen oder durch Röstung erhalten werden, mit Schwefelsäure ausgelaugt, worauf das Kupfer aus der Sulfatlösung elektrolytisch gefällt wird. Die angereicherte Lauge von H_2SO_4 wird dann wieder weiter für den Prozeß verwendet. Verunreinigungen des Elektrolyts durch Arsen, Eisen, Leim, Kochsalz u. a. wurden versucht, und nach Guiterman[59]) wird trotz derselben sehr reines Kupfer erhalten. So erklärt sich, daß 75% der Kupferproduktion der Vereinigten Staaten und 50% jener der Welt durch elektrolytische Raffination erhalten werden. Dabei ergibt sich ein Gewinn von 82 Mill. M an Silber und Gold durch Rückgewinnung dieser Edelmetalle, welche an der Anode zurückbleiben[60]). Das Silber wird durch Lösung in Salpetersäure, Gold durch Lösung in Salzsäure und nachherige Fällung erhalten; Blei und Wismut bekommt man durch eine kieselfluorwasserstoffsaure Lösung aus dem Anodenschlamm.

Die elektrolytische **Zink**gewinnung braucht weniger elektrische Energie als der elektrische Ofen. Das Produkt ist sehr rein; man nutzt die Erze besser aus als im Ofen, und auch hier ist das Ausbringen an allenfalls vorhandenen Edelmetallen sehr günstig. Trotz des größeren Platzbedarfes und des höheren Anlagekapitals dürfte daher die Zinkelektrolyse immer mehr verbreitet werden. Bei der Destillation eines Gemisches von Zinkoxyd und Kohle versuchte man die Tonretorte mit elektrischer Heizung zu versehen.

Die Haftintensität und Legierungsfähigkeit elektrolytischer Metallniederschläge wurde von Burgeß[61]) untersucht und eine deutlich merkbare Abhängigkeit von der Natur des Grund- und Niederschlagmetalls, von der Beschaffenheit der Berührungsflächen, der Wasserstoffabscheidung und der Weichheit

der Niederschläge festgestellt. Nickel auf Blei haftet fest, Nickel auf Stahl läßt sich leicht abziehen; amorphe Niederschläge haften besser als kristallinische. Mit der Wasserstoffabscheidung hängt die Tatsache zusammen, daß die in der Wärme erhaltenen Niederschläge besser haften als kalte. Bei Verkupferung von Zink zeigt sich zunächst die Messingfarbe.

Zinn läßt sich nach Maclaren und Walmsky[62]) ohne Schwierigkeit im elektrischen Ofen aus seinen Erzen erschmelzen. Die Annahme, daß die hohe Temperatur des elektrischen Lichtbogens diesen für die Gewinnung des Zinns unbrauchbar mache, ist unbegründet. Im Northampton-Institut wurden bezügliche Versuche mit einem Schachtofen auf großer Basis durchgeführt. Er hatte drei Kohlenelektroden, welche von der Beschickung umgeben wurden. Für die Tonne fertiges Zinn wurden 2200 kWh Strom und 12,7 kg Elektrodenkohle benötigt. Bei Verwendung eines zweiten Ofens zur Gewinnung des Zinns aus der Schlacke des ersten sinkt der Energieverbrauch auf 1400 kWh herab. Das Produkt ist rein.

Aluminium wird mit Hilfe des elektrischen Flammenbogens in einer jährlichen Ausbeute von 60000 t gewonnen. Fedotieff und Kjinsky[63]) unternahmen die schwierige Arbeit, das Schmelzdiagramm für die Aluminiumgewinnung aufzunehmen. Mit Hilfe der autogenen Schweißung stellt man viele Gefäße für chemische und Brauzwecke aus diesem Metalle her. Während Moldenhauser und Anderson[64]) gefunden haben, daß auch bei Zumischung von großen Mengen Kalisalzen zum Chlorkalzium praktisch reines **Kalzium** erhalten wird — wie man es in der Stahlindustrie zur Befreiung des geschmolzenen Eisens von Stickstoff benötigt —, finden Neumann und Bergve[65]), daß die Herstellung von **Natrium** aus geschmolzenem NaOH unter Zumischung von Kalilauge und Soda durch Elektrolyse in Nickelgefäßen stets Legierungen von Natrium mit Kalium ergibt. Das Kalium erniedrigt aber die Temperatur der Schmelze und es wird dadurch eine bessere Ausbeute dieser Metalle erhalten.

Magnesium und **Zerium** werden weiter elektrolytisch aus Lösungen gewonnen. Will[66]) in Pittsburg fand ein Verfahren zum Umschmelzen von Metallen und Legierungen unter Abschluß der Luft mittels eines indifferenten Bades, welches das Metall bedeckt und durch elektrischen Strom flüssig gehalten wird. Durch Eintragen des Metalls oder der Legierung in das geschmolzene Salz sollen jene flüssig werden unter gleichzeitigem Schutz vor der Wirkung der Atmosphäre. Sodann wird in bekannter Weise durch Widerstandserhitzung weitergeheizt. Noch berichten Mennicke[67]) über die Fortschritte in der Metallurgie des **Wolframs** und Keeny[68]) über die elektrische Verschmelzung von **Chrom-, Wolfram-, Molybdän-** und **Vanadiumerzen.**

[1]) Meyer Oswald, Geschichte des Elektroeisens. Berlin, Jul. Springer 1914, S 131. — [2]) Stahl u. Eisen 1914, S 1049. — [3]) Chemikerztg. 1914, S 375; Lum. él. R 2, Bd 25, S 90. — [4]) Met. Chem. Eng. 1913, S 41. — [5]) Engelhardt, Öst. Chem.-Ztg. 1914, S 100; El. Masch.-Bau 1914, S 435. — [6]) Johnson, Lum. él. R 2, Bd 25, S 538. — [7]) Neumann, Stahl u. Eisen 1914, S 246. — [8]) Norwegische Regierungskommission, Teknisk Ukeblad 1913, S 348. — [9]) Z. Ver. D. Ing. 1914, S 34. — [10]) Lyon, J. Franklin Inst. 1914, S 187. — [11]) Oedquist, Teknisk Tidskrift 1914, S 7, 93; Iron Coal Tr. Rev. 1914, S 467; Ivar Hole, Teknisk Ukeblad 1914, S 161. — [12]) Beielstein, Stahl u. Eisen 1914, S 1172; Härden, Met. Chem. Eng. 1914, S 444. — [13]) Härden, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 766, 943; Bd 73, S 7. — [14]) Iron Age 1914, S 1268. — [15]) Stahl u. Eisen 1914, S 277. — [16]) Foundry Tr. J. 1914, S 269. — [17]) v. Langendock, Iron Age 1914, S 478. — [18]) Hering, DRP 266411; Clamer, Met. Ind. 1914, S 63. — [19]) Rennerfeldt, DRP 268317; Sahlin, Stahl u. Eisen 1914, S 328; Björkstedt, Met. Chem. Eng. 1914, S 146; Rennerfeldt, Met. Chem. Eng. 1914, S 379; Lum. él. R 2, Bd 26, S 5. — [20]) Meyer, Elektroeisen 1914. — [21]) Zu Handen des Erfinders in Klagenfurt. — [22]) DRP 271683. — [23]) Westdeutsche Thomasphosphatwerke, DRP 267771. — [24]) Soc. an. électrométallurgique procédés Paul Girod, DRP 267968. — [25]) Forsberg, Bih. Jernk. Ann. 1914, S 36. — [26]) Kunze, Stahl u. Eisen 1914, S 415; Z. Ver. D. Ing. 1914, S 256. — [27]) Röchling u. Rodenhauser, DRP 269786. — [28]) Guggenheim, Stahl u. Eisen 1914, S 553;

DRP 249145, 217500. — [29]) Stobie, DRP 273260 u. FP 460151. — [30]) Lescure, DRP 271540. — [31]) Müller, Stahl u. Eisen 1914, S 800. — [32]) Hiorth, DRP 265306; Transactions Amer. Foundrymens Ass. 1913, S 157; Stahl u. Eisen 1914, S 540. — [33]) Guggenheim, DRP 266566. — [34]) Müller, Stahl u. Eisen 1914, S 89. — [35]) Soc. gén. des Nitrures, DRP 273463. — [36]) Fried. Krupp, DRP 271654. — [37]) Z. Öst. Ing. Arch. Ver. 1914; Neumann, Stahl u. Eisen 1914, S 113. — [38]) Pfanhauser, Z. Elchemie 1914, S 437. — [39]) Gelmo u. Halla, Das Metall 1914, S 57. — [40]) Yensen, University of Illinois, Bulletin Nr. 72, 1914; Stahl u. Eisen 1914, S 1637. — [41]) Guillet, Stahl u. Eisen 1914, S 1828; Iron Tr. Rev. 1914, S 445. — [42]) Plauson u. Tischenko, DRP 269472. — [43]) Tischenko, DRP 270657. — [44]) Jernkontor Palmaer u. Brinell, Stahl u. Eisen 1914, S 24. — [45]) Hiorth, DRP 266710. — [46]) Moffat Irving Steel Works, Iron Age 1914, S 132; Z. Ver. D. Ing. 1914, S 277. — [47]) Humbert u. Hethey, Electr. (Ldn.) Bd 72, 22. V.; El. Masch.-Bau 1914, S 641. — [48]) Neumann, Stahl u. Eisen 1914, S 1013. — [49]) Rennerfeldt, Met. Chem. Eng. 1914, S 379, 581. — [50]) Müller, Stahl u. Eisen 1914, S 536. — [51]) Morrison, Iron Age 1914, S 777; Gießereiztg. 1914, S 531. — [52]) Gießereiztg. 1914, S 7; El. Masch.-Bau 1914, S 195; Prakt. Masch.-Konstrukteur 1914, S 75. — [53]) Hansen, Met. Chem. Eng. 1914, V. — [54]) Stobie, FrP 460151. — [55]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 90. — [56]) Engelhardt, Stahl u. Eisen 1914, S 434. — [57]) Ges. f. Elektro-Stahlanlagen und Rodenhauser, DRP 269298. — [58]) Engelhardt, ETZ 1914, S 376. — [59]) Guiterman, Eng. Mining J. 1914, S 338. — [60]) Foerster, ETZ 1914, S 969. — [61]) Schlötter, Chemikerztg. 1914, H 27. — [62]) Maclaren u. Walmsky, Metall u. Erz 1914, H 4; El. Masch.-Bau 1914, S 361. — [63]) Arndt, Z. anorg. Chemie Bd 80, S 113. — [64]) Moldenhauser u. Anderson, Z. Elchemie 1913, S 444. — [65]) Neumann u. Bergve, Z. f. Elektrotechnik 1914, H 9. — [66]) Will, DRP 265437. — [67]) Chemikerztg. 1914, H 59. — [68]) Chemikerztg. 1914, H 73.

Herstellung chemischer Verbindungen.

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Elektrolyse wässeriger Lösungen.

Alkalichloridelektrolyse. Bei der Siemens-Billiter-Zelle wurde bisher die Geschwindigkeit, mit welcher die Badflüssigkeit aus dem Anodenraum durch das wagerechte, aus Asbest und Bariumsulfat zusammengesetzte Diaphragma in den Kathodenraum hinabtropft, dadurch geregelt, daß nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren der Druck der Badflüssigkeit durch einen etwas kleineren hydrostatischen Gegendruck abgeglichen wurde. Neuerdings regeln Siemens & Halske[1]) die Filtriergeschwindigkeit, indem sie in das Abzugsrohr des aus dem Kathodenraume entweichenden Wasserstoffes ein Ventil legen und mit dessen Hilfe den Druck, unter welchem der Wasserstoff austreten kann, passend einstellen. Wenn die Poren des Diaphragmas durch Ablagerungen aus der Kochsalzlösung allmählich verengt werden, so öffnet man das Ventil etwas weiter und erhöht dadurch entsprechend dem verringerten Gegendruck des Wasserstoffes wieder die Filtriergeschwindigkeit auf den alten Betrag, welcher für das richtige Arbeiten der Zelle wesentlich ist. Infolge dieser Verbesserung darf man sehr dünne Filter anwenden (was wegen der geringeren Badspannung eine Ersparnis an elektrischer Energie bedeutet) und braucht nur in weiten Zeitspannen die Zellen zur Entfernung des angesammelten Schlammes außer Betrieb zu stellen.

Bei den älteren Diaphragmenverfahren stehen die Scheidewände, welche Anoden- und Kathodenraum trennen, senkrecht; sie bestehen aus porösem Zement oder aus Asbest mit passenden Füllstoffen, z. B. Eisenhydroxyd. Weil nun der an sich vorzüglich geeignete Asbest auf der Anodenseite von dem sauren chlorhaltigen Elektrolyt verhältnismäßig rasch zerfressen wird, so stellt A. Clemm[2]) sein Diaphragma aus Bariumsulfat her, das er auf der Kathoden-

seite durch Asbestgewebe, auf der Anodenseite aber durch ein jalousieartiges Gestell aus säurebeständigem Material (z. B. Steinzeug) tragen läßt.

Der Hauptzweck dieser Diaphragmen besteht darin, dem an der Kathode entstehenden freien Alkali, genauer gesprochen den Hydroxylionen, den Weg zum Anodenraum zu erschweren, wo sie mit dem dort entwickelten Chlor sich umsetzen und dadurch die Stromausbeute an Ätznatron (oder Ätzkali) verschlechtern würden. Der gleiche Zweck wird auch dadurch erreicht, daß man die zu elektrolysierende Salzlösung durch die Zelle in der Richtung von der Anode zur Kathode mit einer Geschwindigkeit fließen läßt, welche der Geschwindigkeit, mit welcher die Hydroxylionen im Stromgefälle der Anode zuwandern (beim Gefälle von 0,1 V/cm 6,5 mm/h), entgegengesetzt gleich ist. Recht gründlich sucht jenes Ziel die Badische Anilin- und Sodafabrik[3]) zu erreichen, indem sie statt eines Diaphragmas zwei anwendet (was freilich den elektrischen Widerstand vermehrt) und die Hauptmenge des Elektrolyts zwischen den Diaphragmen einfließen läßt. Die Gesellschaft für chemische Industrie[4]) in Basel erzeugt die gewünschte Strömung der Flüssigkeit, indem sie den Kathodenraum sehr schmal macht. Dann hebt das an der Kathode entwickelte Wasserstoffgas die Lauge als Schaum in eine Auffangrinne, aus der sie in das Sammelgefäß abfließt, während aus dem Anodenraum durch das Diaphragma, einen versteiften Asbestsack, Flüssigkeit nachdringt.

Beim Eintritt oder Austritt muß das Elektrolyt in Tropfen aufgelöst werden, damit die gutleitende Flüssigkeit nicht schädliche Nebenschlüsse bildet. In etwas anderer Weise unterbricht die Gesellschaft für chemische Industrie[5]) in Basel den Strahl der zulaufenden Flüssigkeit, indem sie mehrere Behälter übereinander anordnet, welche durch Heber von solchen Abmessungen miteinander verbunden sind, daß stets mindestens einer der Heber entleert ist.

Von den verschiedenen Systemen der Alkalichloridelektrolyse gewinnt die Siemens-Billiter-Zelle immer mehr Boden. Die Höchster Farbwerke vergrößerten ihre Anlage in Gersthofen am Lech von 1000 kW auf 2000 kW. Bis Mai 1914 haben Siemens & Halske schon Lizenzen für 7500 kW insgesamt vergeben. Die überhaupt für Alkalichloridelektrolyse arbeitende Energie wird von F. Förster[6]) auf 40000 kW geschätzt.

Wasserzersetzung. Durch Elektrolyse des Wassers (oder vielmehr meist Alkalilauge) gewinnt man Wasserstoffgas und Sauerstoffgas. Unter den verschiedenen Systemen sind die nach Art einer Filterpresse von der Maschinenfabrik Oerlikon gebauten Wasserzersetzer (nach O. Schmidt) durch ihren geringen Raumbedarf ausgezeichnet. Die einzelnen plattenförmigen Elektroden werden unter Zwischenschaltung von Asbestdiaphragmen, die mit Gummi eingerahmt sind, aufeinandergelegt und durch lange Schrauben zu einem Satz hintereinandergeschalteter Zellen vereinigt. Die Schienen, welche den Zellensatz tragen, waren bisher durch Stabilit gegen die stromführenden Platten isoliert. Weil der Stabilit durch die warme Lauge angegriffen wurde, mußte nicht selten der ganze Apparat auseinandergenommen werden, um die schadhaften Stellen auszubessern. Neuerdings stellt Oerlikon[7]) die Isolation aus mehreren leicht auszuwechselnden Porzellanstücken von ∩-Form her, welche auf einer nachgiebigen, laugenbeständigen Unterlage ruhen und einzeln ausgewechselt werden können, nachdem man die betreffende Elektrodenplatte herausgehoben hat. Die ∩-Form ist gewählt, damit die etwa durchsickernde Lauge zu beiden Seiten unschädlich abtropfen kann. Auch die Pariser A.-G. L'Oxhydrique française[8]) hat ihre nach ähnlichem System gebauten Wasserzersetzer verbessert. Statt der schweren Gußeisenelektroden verwendet sie 2 mm starke, geriffelte Bleche, die auf der Anodenseite vernickelt sind, und legt zwischen das Eisen und das Asbesttuch Rahmen aus weichem Holz ein. Dadurch werden die Apparate leichter, billiger und bequemer aufzubauen; auch die Dichtung und die Lebensdauer ist verbessert.

Der elektrolytisch hergestellte Wasserstoff wird z. B. zur Härtung von Tran in einer norwegischen Fabrik benutzt, deren Anlage 4500 m³ Wasserstoff

in 24 h liefert. Durch das Anlagern von Wasserstoff (mit Hilfe von feinverteiltem Nickel als Kontaktsubstanz) wird der Fischtran zu festem Fett veredelt, das zu Seife und auch zu Speisefett verwendet werden kann.

Natriumhydrosulfit $Na_2S_2O_4$, welches in der Farbstoffchemie, z. B. bei der Indigoküpe, als Reduktionsmittel gebraucht wird, läßt sich, wie Jellinek vor einigen Jahren gezeigt hat, elektrolytisch aus Natriumbisulfit $NaHSO_3$ mit guter Ausbeute gewinnen. Die Badische Anilin- und Sodafabrik[9]) hat nun gefunden, daß man nicht, wie Jellinek annahm, mit hoher Stromkonzentration arbeiten muß, sondern auch mit normalem Flüssigkeitsvolumen im Kathodenraum. Es darf beliebig viel neutrales Salz (Chlorid oder Sulfat) zugegen sein. Wenn man während der Elektrolyse in gleichem Maße, wie Alkali durch den Strom entsteht, schweflige Säure einleitet, so darf man auch mit starken Bisulfitlösungen arbeiten. Zweckmäßig kühlt man das Bad bis auf 5^0 oder 0^0 ab. Auf diesem Wege kann man das billige Kochsalz in das wertvolle Hydrosulfit umwandeln. Die Elektrolyse läßt sich ohne Mühe zu einem kontinuierlichen Betriebe ausbilden, indem man z. B. in eine treppenförmig angeordnete Reihe von Zellen oben die frische Lösung einfließen läßt, unten die mit Hydrosulfit gesättigte Lösung abzieht. Die Stromausbeute wird erhöht. wenn man das Elektrolyt durch das Diaphragma zur Kathode fließen läßt, Am besten schaltet man zwischen Anoden- und Kathodenraum zwei Diaphragmen ein.

Wasserstoffsuperoxyd. Dieses Oxydationsmittel läßt sich, wie Franz Fischer gezeigt hat, durch kathodische Anlagerung von Wasserstoff an Sauerstoff unter sehr hohem Druck mit befriedigender Ausbeute gewinnen. Anstatt der von ihm benutzten Golddrahtelektrode, die in ihrer Wirksamkeit bald nachläßt, verwenden Henkel & Co.[10]) Tantal, Molybdän, Platin oder billiger Quecksilber, Silber- oder Kupferamalgam als Kathodenmetall.

Ferrizyankalium. Die elektrolytische Oxydation von Ferro- zu Ferrizyankalium (gelbem Blutlaugensalz in rotes) ist von G. Grube[11]) verbessert worden. Er gewinnt festes Ferrizyankalium durch Elektrolyse einer gesättigten Ferrozyankaliumlösung mit Diaphragma. Durch Zusatz von festem Ferrozyankalium hält er die Flüssigkeit an diesem Salze dauernd gesättigt. Dann scheidet sich das Ferrizyankalium im Anodenraum in kleinen Kristallen von großer Reinheit ab. Weil es sich gern an die Anode ansetzt, muß es von Zeit zu Zeit abgekratzt werden; sonst schnellt die Spannung plötzlich empor und Sauerstoff wird entwickelt. Die Stromausbeute ist gut, wenn man die von Grube ermittelten Bedingungen einhält.

Kaliendlaugen. Die nach Abscheidung des wertvollen Broms nur einen gewaltigen Ballast für die Kaliwerke bildenden Endlaugen, welche vornehmlich Magnesiumchlorid enthalten, will E. Dietz[12]) elektrolytisch auf Magnesiumoxyd und Salzsäure verarbeiten. Das sich kathodisch abscheidende Magnesiumhydroxyd wird geglüht und dann zu Kunststeinen oder Magnesiazement verwertet. Das an der Anode entwickelte Chlor wird mit dem an der Kathode frei gewordenen Wasserstoff auf einem Umwege über basisches Zinkchloid zu Salzsäure vereinigt, welche verflüssigt und in Stahlflaschen versandt werden soll. Hoffentlich erweisen sich diese Pläne als wirtschaftlich.

Schmelzelektrolyse.

Natriumamid NH_2Na, welches man z. B. für die Herstellung von künstlichem Indigo gebraucht, wird gewöhnlich aus Natriummetall und Ammoniak gewonnen. Das Natrium wird durch Elektrolyse von geschmolzenem Ätznatron hergestellt. Aus dem viel billigeren Chlornatrium (Kochsalz) läßt sich das Natrium nicht recht durch Schmelzelektrolyse abscheiden, wohl aber seine Legierung mit Blei, wenn man geschmolzenes Blei als Kathode benutzt. Die Chemische Fabrik v. Heyden A.-G.[13]) hat nun gefunden, daß feinverteiltes Bleinatrium sich mit Ammoniak sehr rasch zu Natriumamid umsetzt. Sie läßt

die geschmolzene Legierung durch eine rotierende Scheibe oder Schnecke emporschleudern. Am Boden des Gefäßes sammelt sich das geschmolzene Blei, darüber das Natriumamid an.

Erzeugnisse des elektrischen Ofens.

Kalziumkarbid zersetzt sich, wenn es zu hoch erhitzt wird. E. Briner und A. Kuhne[14]) untersuchten solch überhitztes Karbid und stellten fest, daß es mit Wasser oder Säuren nur Azetylen, keinen Wasserstoff entwickelt. Das beim Behandeln mit Säuren zurückbleibende Pulver ist reiner Kohlenstoff. Beim Erhitzen des Karbides im luftleeren Rohr destilliert metallisches Kalzium ab. Das Karbid zerfällt also beim Überhitzen in seine Bestandteile Kalzium, das fortdampft, und Kohlenstoff.

Ferrosilizium ist von M. v. Schwarz[15]) eingehend auf seine Zusammensetzung, Dichte, Leitfähigkeit und Härte untersucht worden. Die bekannte Explosionsgefahr von Ferrosilizium mit 30 bis 70% Silizium wird nach Ch. E. Pellew[16]) nur durch vermeidbare Verunreinigungen (Phosphor, Arsen, besonders Kalzium) verursacht.

Salpetersäure aus Luft. In der Hitze des elektrischen Lichtbogens vereinigen sich der Sauerstoff und der Stickstoff der Luft teilweise zu Stickoxyd, das außerhalb des Ofens in Salpetersäure und deren Salze übergeführt wird. Wenn die nitrosen Gase nicht sehr schnell abgekühlt werden, so zerfällt der größte Teil des Stickoxyds wieder beim Austritt aus dem Ofen. Zahlreiche Erfindungen auf diesem Gebiete zielen nun dahin, die Berührungsfläche zwischen Lichtbogen und Luft möglichst groß zu gestalten und die erhitzte Luft möglichst rasch abzukühlen. K. F. R. v. Koch[17]) läßt die Luft mit dem Lichtbogen durch eine enge Öffnung in einen Raum treten, wo ein geringerer Druck aufrechterhalten wird; er vergrößert dadurch die Strömungsgeschwindigkeit. A. Foß[18]) gibt dem Lichtbogen Röhrenform, indem er zwei ringförmige Elektroden senkrecht übereinander anordnet und an der unteren Elektrode die Luft außen tangential, innen parallel der Achse einbläst. F. H. A. Wielgolaski[19]) endlich benutzt Hörnerelektroden, die aber verlängert und in Kanäle gelegt sind, innerhalb deren auch der Bogen brennt und die Luft durchstreicht; der Heizraum hat ungefähr U-Form.

Aus der großen Salpeterfabrik am Rjukan in Südnorwegen wird ein Teil des Erzeugnisses als konzentrierte Salpetersäure in eisernen, mit Aluminium ausgefütterten Kesseln versandt. Der Kalksalpeter, ein wichtiges Düngemittel, wird gewonnen, indem man die verdünnte Salpetersäure mit Kalkstein neutralisiert, die Lösung eindampft, den ausgeschiedenen Kalksalpeter schmilzt, ihn dann erstarren läßt und zerkleinert. Das Erstarren der Schmelze dauerte aber mehrere Tage, das Herausschlagen aus den Pfannen und das Pulvern kostete viel Handarbeit. Deshalb läßt die Norsk Hydro-Elektrisk-Kvaelstofaktieselskab[20]) neuerdings die Schmelze nach dem vorläufigen Abkühlen in einen schwachgekühlten Behälter fließen; dort wird sie umgerührt, bis sich eine genügende Menge kleiner Kristalle ausgeschieden hat, und dann die breiige Masse auf eine mit Abstreichern versehene, von innen gut gekühlte, sich drehende eiserne Trommel gebracht. Von dieser springt der erstarrte Kalksalpeter in dünnen Schalen ab, die nicht zusammenbacken und mühelos gepulvert werden können. Auf diese Weise braucht man statt Tage nur Stunden und viel weniger Arbeiter. Die Erzeugung an Norgesalpeter betrug 1913 über 90000 t, 1912 25000 t.

Zyan. Zyanwasserstoff (Blausäure HCN) entsteht im elektrischen Lichtbogen, wenn ein Gemisch von Wasserstoff, Stickstoff und kohlenstoffhaltigen Gasen seiner Hitze ausgesetzt wird. Das Konsortium für elektrochemische Industrie[21]) in Nürnberg fand nun, daß man einen langen, ruhig brennenden Lichtbogen und bessere Ausbeute erhält, wenn man Dämpfe von Metallen oder ihren Verbindungen, z. B. Kupferchlorür, in den Bogen einleitet.

Ozon. Ozonhaltige Luft greift die meisten Metalle an. Die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron[22]) fand aber, daß Chromeisenlegierungen mit mehr als 25% dem Ozon widerstehen. Diese Legierungen (Schmelzpunkt 1450 bis 1470°) lassen sich in Formen gießen, gut schneiden, drehen usw.

[1]) Siemens u. Halske, DRP 274964. — [2]) Clemm, DRP 273270. — [3]) Badische Anilin- u. Sodafabrik, DRP 268816. — [4]) u. [5]) Ges. f. chem. Industrie, DRP 277433, 275616. — [6]) Förster, ETZ 1914, S 969. — [7]) Oerlikon, DRP 275515. — [8]) L'Oxhydrique française, DRP 277434. — [9]) Badische Anilin- u. Sodafabrik, DRP 276058, 276059, 278588. — [10]) Henkel, DRP 273269, 279073. — [11]) Gruber, Z. Elchemie 1914, S 334. — [12]) Dietz, DRP 275617; Z. angew. Chem. Bd 27, S 569. — [13]) Heyden, DRP 273256. — [14]) Briner u. Kuhne, Journ. de Chimie physique, Bd 12, S 432. — [15]) Schwarz, Ferrum Bd 11, S 80; Z. anorgan. Chem. Bd 82, S 353. — [16]) Pellew, Jl. Soc. Chem. Ind. Bd 33, S 774. — [17]) Koch, DRP 276841. — [18]) Foß, DRP 279461. — [19]) Wielgolaski, DRP 270758. — [20]) Norsk Hydro-Elektrik Kvaelstofakt., DRP 268828. — [21]) Konsortium f. elektrochem. Ind., DRP 263692, 268277. — [22]) Griesheim-Elektron, DRP 274872.

C. Elektrisches Nachrichten- und Signalwesen.

X. Telegraphie.

Telegraphie auf Leitungen. Von Kaiserl. Ober-Telegraphen-Ingenieur Geh. Postrat Theod. Karraß, Berlin. — Telegraphie ohne fortlaufende Leitung. Von Kaiserl. Ober-Telegraphen-Ingenieur Geh. Postrat Prof. Dr. Franz Breisig, Berlin.

Telegraphie auf Leitungen.

Von Geh. Postrat Theod. Karraß.

Allgemeines. Im Jahre 1914 hat die Telegraphie auf Leitungen keine besonders wichtigen Neuerungen erfahren. Auch auf diesem Gebiete ist der Einfluß des Krieges zu spüren. Kautschuk ist Kriegskonterbande, der Handel damit liegt ganz danieder, Kabelbauten werden nicht ausgeführt. Über den Schnelltelegraphen von Siemens & Halske werden Auszüge aus der im vorigen Jahrbuch erwähnten grundlegenden Arbeit von Franke weiter verbreitet; Mitteilungen über die unerwartet großartige Anpassungsfähigkeit dieses Apparates und seine Leistungen, wie sie die Anforderungen des Krieges gezeitigt haben, stehen noch aus. Dagegen sind einige flott geschriebene, in die Vergangenheit zurückblickende Aufsätze zu erwähnen: der eine bringt die Lebensbeschreibung des Dr. Julius Wilhelm Gintl[1]), der 1853 durch die Arbeit „Über die Fortpflanzung zweier elektrischer Ströme nach entgegengesetzten Richtungen in demselben Leitungsdrahte" die ersten Grundlagen zur Mehrfachtelegraphie geschaffen hat; in zwei anderen Arbeiten hat E. F. Petritsch die Anfänge der Telegraphie, ihre Ausbreitung und organische Ausgestaltung[2]) und die Apparate und Einrichtungen zur Mehrfach- und Schnelltelegraphie[3]) behandelt.

Theorie. Maior[4]) untersucht einige Grundformeln, die sich auf die Fortbewegung hochfrequenter Ströme von solcher Art beziehen, wie sie in der Telegraphie, Telephonie und zur Kraftübertragung vorkommen. Malcolm[5]) untersucht auf analytischem Wege die weitere Entwicklung der Kabeltelegraphie in einer noch nicht zu Ende geführten Studie. Er behandelt die Frage nach Vergrößerung der Sprechgeschwindigkeit auf einem unterseeischen Telegraphenkabel und stellt sich die Aufgabe, wenn möglich die Zeichen frei von Verzerrungen zu übermitteln. Die Arbeit soll in drei Teile zerfallen: 1. Art und Ursache der Verzerrung; 2. die jetzt gebräuchlichen Methoden, die Verzerrungen zu beheben; 3. das Kabel in geladenem Zustande (dieser dritte Teil ist noch nicht erschienen).

Freileitungen. R. Nowotny[6]) hat die Zubereitung hölzerner Leitungsmaste durch Tränkung von neuem untersucht. Er behandelt den Verlauf der Tränkung, die Aufnahme an Imprägnierflüssigkeit in Beziehung auf Zeit und

Holzart und stellt Betrachtungen an über die Frage, von welchen Umständen die Unterschiede in der Tränkung abhängen könnten. Bei seinen Versuchen, die an Kiefern- und Fichtenstangen angestellt wurden, verwendete er verschieden starke Lösungen von Ätzsublimat, Bellit und saurem Zinkfluorit. Daß die Fichte in gleicher Zeit viel weniger Tränkungslösung aufnimmt als die Kiefer[7]), wurde von neuem bestätigt. Bei beiden Holzarten wird der Hauptanteil der Flüssigkeit von der Mantelfläche des Langholzes her und nicht durch die Endflächen aufgesogen. Der Grund für diese Verschiedenheit ist nicht in der makroskopischen Struktur der Hölzer zu suchen, sondern in der größeren Feinheit ihres Gefüges, ihrer besonderen chemischen und physikalischen Beschaffenheit, ihrem Harzgehalt usw.

Stangenlöcher mittels Dynamits oder Sprengpulvers herzustellen, scheint in Amerika gebräuchlich zu sein. Eine Anfrage[8]) verlangt Auskunft über die Menge des Sprengmittels, die Zündvorrichtungen, die Kosten. Der Frager hatte Stangen in einem tonigen Boden aufzustellen, der sich mit der Hand sehr schwer bearbeiten ließ.

Kabelbau. Einen automatischen Suchanker hat W. Hensman[9]) angegeben, der zum Anhaken, Fortziehen, Festhalten und Zerschneiden des wiederherzustellenden Kabels dient; ferner ist er zum Heraufholen der Kabelenden sogar bei mäßig schlechtem Wetter geeignet. — Für Instandsetzungsarbeiten an den Tiefseekabeln im nördlichen Atlantischen Ozean bestimmt ist ein neuer Kabeldampfer[10]) der Comp. franç. des câbles télégraphiques in Paris, der im Hafen von Halifax aufgestellt werden soll. Seine Beschreibung (mit 6 Abbildungen) enthält genaue Angaben über die Kabelmaschinen und ihren Betrieb. — Rich. Randhagen[11]) hat im Jahre 1913 ein Spezialinstrument zu Fehlerortsbestimmungen in Kabeln beschrieben, bei dem das Verfahren der Spannungsabfallmessung angewandt worden ist. Die Ausführung der Messungen wird eingehend an einem Schaltungschema erläutert. Während des Messens muß der Meßstrom konstant bleiben. Dieses Spezialinstrument soll alle andern nach dem gleichen Verfahren arbeitenden Instrumente an Genauigkeit übertreffen, und namentlich von Störungssuchern ohne jede höhere Vorbildung mühelos benutzt werden können. Darüber hat zwischen den Land- und Seekabelwerken A.-G. in Köln-Nippes und dem genannten Verfasser[12]) ein Meinungsaustausch stattgefunden über den Wert der Spannungsabfall- und der Brückennullmethode zur Bestimmung eines Kabelfehlerorts. Gegen die Spannungsabfallmeßmethode wird das Bedenken erhoben, daß sie während des Messens die Konstanz des Meßstromes verlangt, wogegen anderseits eingewendet wird, die Meßzeit könne durch die Einrichtung der Meßgeräte so verkürzt werden, daß die Stromänderung praktisch zu vernachlässigen sei. — Einem von einem Ungenannten (P. M.) entwickelten Verfahren zur Eingrenzung von Isolationsfehlern und Drahtbrüchen in Unterseekabeln[13]) mittels Spannungsabfallmessungen gegenüber erhebt Devaux Charbonnel[14]) ebenfalls den Vorwurf, daß es eine nicht zu erfüllende Forderung sei, wenn die beiden Endämter eines eindrähtigen Seekabels für ihre Messungen unbedingt gleich starke Meßströme verwenden sollen.

Apparate. Eine französische Übersetzung der Arbeit von Franke[15]) über den Schnelltelegraphen von Siemens & Halske findet sich im Journal télégraphique[16]). Über denselben Apparat wird gemeldet, daß er auf der Leitung Berlin-Bukarest-Konstantinopel zur Verwendung kommen würde[17]). Hier wie überhaupt überall hat dieser deutsche Apparat alle Erwartungen vollkommen erfüllt.

Aber auch der französische Baudotapparat[18]) weist sehr anerkennenswerte Leistungen auf. Über Erfolge damit in England, wo er seit 1910 in Duplexschaltung betrieben wird, berichtet A. C. Booth[19]). Zwischen London und Birmingham im Kabel wurden im Durchschnitt regelmäßig 3600 Telegramme in 12 Stunden verarbeitet. Auf der Leitung London-Berlin, in die eine Ader eines 300 Meilen langen Seekabels eingeschaltet ist, wird der Apparat zweifach in Duplexschaltung betrieben; er leistet hier durchschnittlich 226 Telegramme

in einer Stunde. — Ein neues System für einen Schnelltelegraphen behandelt Kinsley[20]) in einem Vortrage, an den sich lebhafte Erörterungen angeschlossen haben[21]). Die Zeichen werden aus 5 Elementen gebildet. Im Geber, der aus einer mit einem Lochapparat verbundenen Schreibmaschine besteht, werden die Zeichenlöcher in 5 Reihen aus einem Papierstreifen ausgestanzt. Entsprechend diesen Löchern werden mittels des Geberapparates Stromstöße in die Leitung entsandt, unter deren Einfluß im Empfangsapparat die 5 Elementarzeichen gebildet und zu Druckbuchstaben vereinigt werden. Auf einer 375 Meilen (engl.) langen, aus 2 Drähten gebildeten Leitung hat sich eine Betriebsgeschwindigkeit von 650 Wörtern in der Minute erzielen lassen. — A. Imhof[22]) kündigt einen neuen Gegensprechtelegraphen an, „der zwar nicht Anspruch auf eine Verbesserung betreffend Betriebssicherheit erheben kann, aber hervorragend einfach zusammengestellt ist“. — Indem R. Lopez[23]) die für den Duplexbetrieb erforderliche künstliche Leitung aus Glühlampen, einer eigens konstruierten Selbstinduktionsrolle und einem Nebenschluß zusammensetzt und ein polarisiertes Relais besonderer Bauart verwendet, hat er eine Duplexschaltung geschaffen, die er für den Handbetrieb auf Luftleitungen als vorteilhaft empfiehlt.

Nach einer kurzen historischen Darstellung, wie sich das alte Problem des elektrischen Fernschreibens entwickelt hat, geht C. Beckmann[24]) auf die Lösung ein, die der Amerikaner Elisha Gray 1888 gefunden und 1893 dadurch wesentlich verbessert hat, daß er die Stärke der die Zeichen übermittelnden Ströme durch Ein- und Ausschalten von Regulierwiderständen veränderte. Die Wiedergabe der Schriftzüge erfolgt mittels Schreibstiftes und Tinte.

In neuester Zeit hat die A.-G. Mix und Genest den nach dem System Gray zu hoher Vollkommenheit ausgebildeten Fernschreiber in Deutschland eingeführt. Bei dem Betriebe der Apparate sind folgende Vorgänge zu unterscheiden: 1. die Einschaltung des Gebers und des Empfängers; 2. Bewegung des Schreibstiftes; 3. Aufsetzen und Abheben des Schreibstiftes auf die Schreibfläche; 4. Fortschalten der verbrauchten Papierfläche; 5. Eintauchen der Schreibfeder in die Farbflüssigkeit; 6. Ausschalten der Apparate. Die Apparate werden eingehend beschrieben und ebenso wie die Stromläufe durch Abbildungen erläutert.

Betrieb. Um den Einfluß des Isolationszustandes der oberirdischen Telegraphenleitungen auf den Betrieb zu untersuchen, hat H. Dreisbach[25]) die Ergebnisse sorgfältiger Messungen des Isolationswiderstandes an oberirdischen Leitungen zusammen mit dem Gange des Luftdrucks, der Temperatur und der Feuchtigkeit in Schaulinien dargestellt. Bei klarem Wetter hatte der Isolationswiderstand vor Sonnenaufgang regelmäßig den niedrigsten Wert (etwa 1 bis 3 MΩ/km) und nachmittags von 3 bis 4 Uhr den höchsten Wert (etwa 20 bis 200 MΩ/km). Die Isolation bleibt bei trübem Wetter ziemlich stetig auf mittlerer Höhe, bei Regenwetter sinkt sie bis zu 1 MΩ/km und beim Übergange von Frost zu Tauwetter, wobei die Glocken innen und außen feucht werden, auf 0,4 MΩ/km und darunter. Bei Leitungen von großer Länge kommen, weil die Isolation infolge verschiedenen atmosphärischen Zustandes auf den Teilstrecken ungleich ist, weder sehr niedrige noch sehr hohe Isolationswiderstände vor. So sank die wahre Isolation in den Leitungen Emden-Berlin (500 km) nicht unter 0,5 MΩ/km und in einer Leitung Emden-Wien (1225 km) nicht unter 1 MΩ/km. Der Einfluß der Isolation auf die Betriebsweisen ist verschieden. Beim Arbeitsstrom nimmt mit der Abnahme des Isolationswiderstandes der abgehende Strom zu, der ankommende Strom ab, dagegen nimmt die Induktion aus Nachbarleitungen zu, so daß bei langen Leitungen die Grenze der Betriebssicherheit bald erreicht wird. Wird ein Isolationswiderstand von 0,5 Megohm für das km zugrunde gelegt, so ergibt die Rechnung, daß die zulässige Leitungslänge für 3 mm starken Bronzedraht 600 bis 700 km, für 5 mm starken Eisendraht 400 km beträgt; in längeren Leitungen müssen Relaisübertragungen eingerichtet werden. Schnelle Schwankungen des Isolationswiderstandes stören den Betrieb mit Einfachstrom

mehr als den mit Doppelstrom; ganz besonders nachteilig beeinflussen sie den Gegensprechbetrieb. In langen mit Ruhestrom betriebenen Leitungen mit vielen Anstalten kann bei schlechtem Wetter häufig nicht über 4 bis 5 Anstalten hinweg gearbeitet werden. Als Maß für die Betriebsfähigkeit einer Ruhestromleitung kann, wenn am Leitungsanfange Taste gedrückt wird, das Verhältnis zwischen dem am Leitungsende verbleibenden Stromrückstande und dem Strom in der Ruhe angesehen werden. Bei ableitungsfreier Leitung ist dieses Verhältnis unmeßbar klein; es nähert sich mit Zunahme der Ableitung immer mehr dem Werte 1. Der Betrieb wird noch möglich sein, wenn das Verhältnis zwischen 0,4 und 0,5 beträgt.

Die Entwicklung des Telegraphenbetriebes auf den großen unterirdischen Linien Deutschlands ist der Gegenstand einer Studie von O. Arendt[26]). Zuerst wurden die Leitungen des unterirdischen im Jahre 1876 begonnenen Kabelnetzes mit Morse- und mit Hughesapparaten in Einfachschaltung betrieben. Die infolge der Ladungserscheinungen auftretenden Betriebsschwierigkeiten wurden besonders in den Morseleitungen zunächst durch Verminderung des Widerstandes im Telegraphierstromkreise und durch die Anwendung des Zinksenders bekämpft. Danach — seit 1888 — wurde durch die Anschaltung von Gegenstromrollen der Hughesbetrieb bis auf 400 km, der Morsebetrieb bis auf 500 km ermöglicht, auch wurde das Hughes-Gegensprechen eingeführt. In neuerer Zeit hat der Schnelltelegraphenverkehr sich durch besondere Vorkehrungen auf beliebige Entfernungen durchführen lassen, so daß jede Kabelader gegenüber dem Zustande vor 1888 jetzt zehnfach ausgenutzt werden kann.

A. Korn[27]) hat sein Verfahren der Bildtelegraphie weiter verbessert; die nach der Selenmethode im Geber gelieferten schwachen Ströme werden ganz erheblich verstärkt. Dazu dient ein nach dem Deprez d'Arsonvalschen Prinzip konstruiertes Galvanometer, das zu einem Stufenrelais umgewandelt worden ist. Seine Einrichtung wird durch Beschreibung und Abbildungen erläutert. Ströme von zehn verschiedenen Stärken aus einer Gleichstromquelle können in die Leitung geschickt werden. Am andern Ende der Leitung werden die Bilder durch ein Saitengalvanometer aufgenommen. — Ein Verfahren, farbige Photographien zu übermitteln, das beim System Korn ebenso wie bei jedem andern lichttelegraphischen System verwendet werden kann, hat Altobrando Tricca[28]) ausgearbeitet. Er spannt z. B. die farbige Photographie auf die drehbare Trommel des Kornschen Apparates und belichtet sie dreimal hintereinander mit verschiedenfarbigem Licht (orangerot-grün-blauviolett). Der Film der Empfangsstelle wird hintereinander dreimal belichtet.

Verwaltung. Mit dem 1. April 1914 ist in der Schweiz eine neue Telegraphenordnung in Wirksamkeit getreten[29]). — Aus der Übersicht des englischen Generalpostmeisters[30]) für das mit dem 31. März 1914 abschließende Geschäftsjahr erscheint folgendes der Erwähnung wert. Es hat sich herausgestellt, daß für Geschäfte auf weite Entfernungen, besonders wenn die erforderlichen Mitteilungen verwickelt sind oder Buchstabengruppen, Codewörter oder leicht mißverständliche Ausdrücke enthalten, der Telegraph nicht vom Telephon beiseite gedrängt werden kann. — Da in neuerer Zeit Schnelltelegraphen in größerer Anzahl erfunden worden sind, ist ein Ausschuß damit beauftragt worden, die verschiedenen Systeme auf ihren Gebrauchswert zu untersuchen. Darunter befinden sich unter anderen: der Gellsche Locher in Verbindung mit dem Wheatstoneapparat, der Creedsche Locher und Drucker, der Schnelldruckapparat von Siemens & Halske, ein sechsfach-duplex und ein vierfach-duplex arbeitender Baudotapparat und eine neue Form des Murrayschen Multiplexapparates. — Das von London ausgehende System der unterirdischen Telegraphenkabel zum Anschluß an die Seekabel ist weiter fortgeführt worden; kürzere Anschlußstrecken sind bereits vollendet, das für den Anschluß der deutschen und holländischen Seekabel bestimmte Landkabel ist bis in die Nähe von Colchester gelangt. Da das Kabel im Vorjahre Chelmsford erreicht hatte, hat der Weiterbau in einem Jahre bis Colchester rd. nur 20 engl. Meilen ausgemacht.

M. Roscher[31]) hat das Weltkabelnetz betreffend vier vergleichende Übersichten zusammengestellt: 1. Anteil der wichtigsten Länder am Weltkabelnetze von 1898 bis 1913; 2. Anteil der Hauptländer am Weltkabelnetze (graphisch dargestellt) im Jahre 1898, 1903, 1908 und 1913; 3. Zahl und Länge der im Staatsbesitze befindlichen Kabel in den Jahren 1903 und 1913; 4. Zahl und Länge der im Privatbesitze befindlichen Kabel in den Jahren 1903 und 1913. In der Seekabelgeschichte unterscheidet der Verfasser drei Abschnitte: die Zeit der Vorversuche bis zur Betriebseröffnung des Kabels zwischen Dover und Calais, die Zeit der technischen Durchbildung der Anfertigung, Verlegung und des Betriebes der Kabel sowie ihre Anpassung an die Forderungen der Volkswirtschaft und der Staatsverwaltung, und weiter die Zeit des Ausbaues des Weltkabelnetzes. Die Arbeit ist in der zweiten Hälfte des Juni 1914 erschienen. Daher verdienen folgende Bemerkungen besonderes Interesse: Zwei wichtige Aufgaben harrten noch der Lösung: die Überbrückung des Stillen Ozeans und die Schaffung eigener, von England unabhängiger Kabellinien der übrigen Großstaaten, für die der Schutz ihres Außenhandels und ihrer Flotte sowie die Verbindung mit ihren überseeischen Schutz- und Handelsgebieten zur Lebensnotwendigkeit wird und die das englische Übergewicht äußerst störend empfinden. England macht zwar große Anstrengungen, seine Machtstellung im Seekabelwesen nicht einzubüßen, aber Frankreich, die Vereinigten Staaten von Amerika und Deutschland haben wichtige Kabelverbindungen hergestellt, die sie von England unabhängig machen. Rußland erlangte durch ein Kabel von St. Petersburg über Libau nach Möen unmittelbar eine Verbindung mit Dänemark, wodurch es für seinen Verkehr nach England, Frankreich und nach Amerika den Weg über Deutschland vermied. Während Österreich und Rußland verhältnismäßig wenig am Weltkabelnetz beteiligt sind, besitzen, in Prozenten ausgedrückt, England 54,3, die Vereinigten Staaten von Amerika 19,4, Frankreich 8,4, Deutschland 8,3 davon.

[1]) Z. Post. Telegr. (Wien) 1914, S 82. — [2]) Z. Post. Telegr. (Wien) 1914, S 185, 193, 201. — [3]) Z. Post. Telegr. (Wien) 1914, S 209, 217. — [4]) Maior, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 734. — [5]) H. W. Malcolm, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 958; Bd 74, S 9, 74, 142, 207. — [6]) El. Masch.-Bau 1914, S 677, 692. — [7]) z. vgl. JB 1913, S 154. — [8]) El. World Bd 63, S 329. — [9]) W. Hensman, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 910. — [10]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 518; El. Rev. (Ldn.) Bd 75, S 139. — [11]) ETZ 1913, S 972. — [12]) Land- u. Seekabelwerke A.-G. u. Randhagen, ETZ 1914, S 51, 282. — [13]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 148. — [14]) Charbonnel, Lum. él. R 2, Bd 25, S 313. — [15]) z. vgl. JB 1913, S 156. — [16]) Jl. Télégr. 1914, S 78, 97, 125, 149. — [17]) Z. Schwachstr. 1914, S 89. — [18]) z. vgl. JB 1912, S 140. Eine neue eingehende Beschreibung des Telegraphen von Baudot findet sich in „Kraatz, Mehrfach-Telegraphen", 1914. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, von S 4 bis 114. — [19]) A. C. Booth, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 9; El. Masch.-Bau 1914, S 749. — [20]) Kinsley, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1071. — [21]) Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1898. — [22]) A. Imhof, Helios Fach- u. Exportz. 1914, S 647. — [23]) R. Lopez, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 563; Z. Schwachstr. 1914, S 34. — [24]) Beckmann, ETZ 1914, S 293. — [25]) H. Dreisbach, Arch. Post. Telegr. 1914, S 81. — [26]) Arendt, ETZ 1914, S 86. — [27]) Korn, ETZ 1914, S 442. — [28]) Tricca, Lum. él. R 2, Bd 25, S 633. — [29]) Z. Post. Telegr. (Wien) 1914, S 13, 21. — [30]) Electr. (Ldn.) Bd 74, S 316. — [31]) Roscher, Arch. Post. Telegr. 1914 S 373.

Telegraphie ohne fortlaufende Leitung.

Von Geh. Postrat Dr. Franz Breisig.

Die Durchsicht der Literatur des Jahres 1914 ergibt ein auffälliges Anwachsen der mehr theoretischen Arbeiten. Man kann diesen Umstand wohl als ein Zeichen dafür deuten, daß die technische Entwicklung, die in der Zeit der Ausbildung der großen Stoß-Sender und Hochfrequenzmaschinen schnell voranschritt, für einige Zeit in ruhigere Bahnen eingelenkt ist, wo sich die

Aufmerksamkeit mehr der Verbesserung des einzelnen zuwendet. Großes Interesse findet die Frage der Ausstrahlung und Fortpflanzung der Wellen. Die Untersuchung von Dean[1]) betrifft eine Verbesserung der Hertzschen Lösung für das Feld eines Dipols im unendlichen nichtleitenden Raum in dem Sinne, daß sowohl in großer Nähe des Dipols als in großer Ferne alle Größen des elektromagnetischen Feldes endliche Werte behalten.

Einfluß der Atmosphäre. Barkhausen[2]) führt aus, daß das aus der Ausbreitungsformel der Hertzschen Theorie und einem Faktor für die Beugung der Wellen um die Erde errechnete Verhältnis von Empfangsstromstärke zu Sendestromstärke für die Übertragung über See mit den bei Tage beobachteten Werten, die ziemlich gleichmäßig sind, leidlich übereinstimmt, während die Nachtwerte erheblich größer sind. Er schließt daraus, daß die Übertragung bei Tage den Bedingungen der Hertzschen Theorie annähernd entspricht, ohne daß man Verlustquellen, z. B. durch den Einfluß des Sonnenlichts, anzunehmen brauche. Die größeren Werte bei Nacht können schon durch eine Spiegelung der über der Horizontalebene verlaufenden Strahlen erklärt werden, die dann ohne wesentliche Absorption den Empfänger erreichen. Auch die beobachteten Unterschiede langer und kurzer Wellen stimmen dem Sinne nach hiermit überein.

Fleming[3]) leitet die Beugung elektrischer Wellen um die Erde herum aus der Zusammensetzung und Dichte der Atmosphäre in den höheren Schichten her. Ein an einer Stelle horizontal ausgehender Strahl würde in einer Atmosphäre von Krypton überall der Erdoberfläche parallel weiterverlaufen; in Luft wäre sein Krümmungsradius gleich 4, in Wasserstoff 136 Erdradien.

Parodi[4]) untersucht die Fortpflanzung einer elektrischen Welle unter der Annahme, daß das Dielektrikum in bestimmtem Maß ionisiert sei und findet dabei Ergebnisse, die der Theorie von Eccles entsprechen. Auch nach dieser werden lange Wellen an der Schicht ionisierter Luft reflektiert und gelangen so ohne merkliche Dämpfung zu fernen Stellen.

Die Stromstärke in einer gegebenen Empfangsantenne läßt sich angenähert nach der Hertzschen Strahlungstheorie berechnen, indessen müssen für die Verluste durch Absorption in Luft und Boden und für den Einfluß der Erdkrümmung Faktoren berücksichtigt werden, die nur durch Versuch zu ermitteln sind. Reich[5]) hat derartige Versuche zwischen Landstationen ausgeführt. Das Ergebnis der danach angestellten Berechnung für den Tagesverkehr zweier Landstationen stimmt mit der Messung gut überein.

Austin[6]) berichtet über quantitative Empfangsmessungen zwischen einer Station in Arlington und einem ostwärts fahrenden Kreuzer. Sie ergeben, daß die theoretische Formel, welche Erdkrümmung und Zerstreuung der Energie berücksichtigt, gegenüber den beobachteten Werten stets zu geringe liefert. Austin nimmt daher an, daß die nach der Theorie in den freien Raum zerstreute Energie auch bei Tage zu einem Teil die Oberfläche der Erde wieder erreicht, durch Reflexion oder durch Brechung in den oberen Schichten der Atmosphäre.

Tailor[7]) teilt Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen Bewölkung und Übertragung drahtloser Signale über sehr große Landstrecken mit. Sie zeigen sich in folgender Zusammenstellung, bei denen die erste Zahl die Fälle guter, die zweite diejenigen schlechter Übertragung angibt.

Bewölkung beim Sender und beim Empfänger 19 : 4 —.

Wolkenfrei bei beiden 7 : 6 — Beim Sender bewölkt, beim Empfänger klar 14 : 3; beim Sender klar, beim Empfänger bewölkt 8 : 7.

Der Verfasser wendet auf diese Beobachtungen die von Eccles aufgestellten Theorien an.

Einfluß des Erdreiches. Busch[8]) untersucht die theoretischen Grundlagen der Messung eines von Wechselströmen hoher Frequenz durchflossenen Feldes in der Erde durch Sonden. Vor allem müssen die Zuleitungen so gelegt werden, daß sie mit der geraden Verbindungslinie der Elektroden nur möglichst kleine

Flächen einschließen. Es wird gezeigt, wie man die Rückwirkung der Meßströme auf das Feld und Fehler durch Teilkapazitäten innerhalb der Anordnungen berücksichtigt.

Demmler[9]) stellte das Verhältnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen an der Erdoberfläche zur Lichtgeschwindigkeit auf 1 : 1,11 bis 1 : 1,24 fest, indem er die Wellenlängen der Grund- und Oberschwingungen zweier Paralleldrähte in 10 cm gegenseitigem und 1 m Abstand von der Erde verglich, wenn sie entweder symmetrisch oder parallel erregt wurden.

Leimbach[10]) bespricht die Möglichkeit, leitende, d. h. wasserführende oder metallische Schichten in dem sonst, abgesehen von den Oberflächenschichten, nichtleitenden Erdinnern durch elektrische Wellen zu erkennen. Außer den aus der Optik übertragenen Methoden der Reflexion, Interferenz und Absorption haben sich praktisch besonders bewährt solche, bei denen die durch die Umgebung der Antenne bewirkte Veränderung der Wellenlänge und Dämpfung eines Senders beobachtet und mit Normalkurven verglichen wird. Ohne die Methode näher zu beschreiben, führt er eine Anzahl erfolgreicher Untersuchungen an.

Antennen als Sender. Auf Grund der Hertzschen Strahlungstheorie gibt de Bellescize[11]) ein Näherungsverfahren an, um die Strahlung verschiedener Antennenformen vergleichsweise vorauszuberechnen; die Ergebnisse stimmen mit Messungen an einer 26 km entfernten Empfangsantenne bei etwa 1000 m Wellenlänge überein.

Aus einer Untersuchung von Bouthillon[12]) über Richtungsunterschiede bei einer Harfenantenne geht hervor, daß diese erst dann in merklichem Maß auftreten, wenn die Antennenbreite größer als $^1/_6$ der Wellenlänge ist.

Brand[13]) beschreibt Sendeversuche mit einer 270 m langen, in geringer Höhe über den Dächern geführten wagrechten Antenne des Telegraphenversuchsamts. Ihre Zeichen, mit 1 bis 2 kW Antennenleistung, wurden bei den bis zu 630 km entfernten Küsten- und anderen Stationen in den Monaten Mai und Juli auch bei Tage aufgenommen. Im Anschluß wird die Frage der Belastungsfähigkeit einer Antenne erörtert und festgestellt, daß eindrähtige wagrechte Antennen außerordentlich stark belastet werden können.

Nach de Groot[14]) kann man die von einer Antenne als Strahlung abgegebene Leistung folgendermaßen messen. Mittels Gleichrichterdetektor und Galvanometer werden bei einer einige Kilometer entfernten aperiodischen Hilfsantenne die Ausschläge gemessen, die für eine bestimmte Wellenlänge verschiedenen Stromstärken des Senders entsprechen. Der Normalleistung entspricht Punkt a (Abb. 14). Wenn man dann die zu messende Antenne senkt, wird der Strom steigen, der Ausschlag der Hilfsantenne fallen, weil Strahlung und Strahlungswiderstand geringer werden. Für dieselbe Wellenlänge erhält man Punkt b. Dann schaltet man bei konstanter Erregung des Senders in die Hauptantenne induktionsfreien Widerstand ein; die Ausschläge in der Hilfsantenne werden fallen gemäß der von b ausgehenden Kurve. Der Widerstand r, den man zufügen mußte, um den Punkt c zu erreichen, bei welchem dem Sender dieselbe Leistung wie bei a zugeführt wird, ist dann gleich der Verminderung des Strahlungswiderstandes, der im Normalfalle w_s, bei gesenkter Antenne w_s' sei. Da die Verlustwiderstände und die zugeführte Leistung gleich geblieben sind, so hat man zur Bestimmung von w_s die Gleichungen $w_s - w_s' = r$ und $w J'^2 = w_s' J^2$.

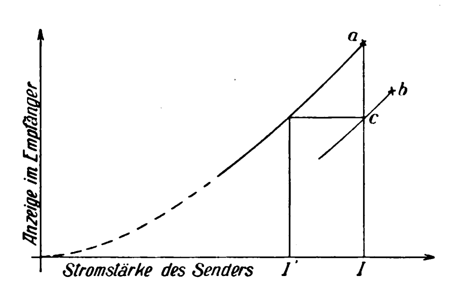


Abb. 14. Leistung einer Antenne.

Antennen als Empfänger. Braun[15]) berechnet die Erregung einer Antenne, die sich aus verschieden gerichteten Teilen zusammensetzt, als das Integral der in den einzelnen Teilen durch die mit Lichtgeschwindigkeit vorüber-

gehende elektromagnetische Welle induzierten elektromotorischen Kräfte. Die Berechnungen werden für zahlreiche Antennenformen durchgeführt. Zum Schluß wird die Frage nach dem Einfluß der Lage der Erregerstelle gestreift.

Braun[16]) beschreibt ferner Versuche mit geschlossenen Strombahnen statt offener als Empfänger für elektrische Wellen. Er berechnet unter der Annahme eines bestimmten horizontalen magnetischen Feldes der Wellen die in dem Kreis auftretende EMK und diskutiert die aus dem Verhältnis der Dimensionen und der Wellenlänge sich ergebenden Folgerungen. Nachträglich wurde der absolute Wert der Feldstärke (vom Eiffelturm erzeugt) bestimmt, indem derselbe Kreis durch einen anderen bis zur gleichen Lautstärke im Fernhörer des Detektors erregt wurde. Für die Feldstärke in Straßburg ergab sich $0{,}3 \cdot 10^{-5}$ Gauß, während man aus den Abmessungen und der Senderstromstärke $0{,}6 \cdot 10^{-5}$ Gauß berechnete, unter der Annahme einer in nicht absorbierendem Medium strahlenden Antenne.

Gekoppelte Kreise. Aus einem früher aufgestellten allgemeinen Satz über die magnetische Koppelung leitet Kiebitz[17]) für die Schwingungskreise der drahtlosen Telegraphie, für welche das Quadrat des log. Dekrements klein gegen die Zahl 40 ist, eine angenäherte Berechnungsweise ab, die mit einer Genauigkeit von $\frac{2{,}5 \cdot \vartheta^2}{100}$ die Frequenzen, Amplituden, Phasen und Dämpfungsfaktoren angibt; außerdem gibt er für dieselbe Genauigkeit eine Berechnung des Stromintegrals im Sekundärkreis.

Die Arbeiten von Riegger[18]) über den gekoppelten Empfänger beziehen sich auf die theoretische Behandlung des Falles, daß eine durch einwellige gedämpfte Schwingungen erregte Antenne in extrem loser Koppelung mit einem Kondensatorkreis verbunden ist, und auf die Durchführung von Versuchen für den Fall enger Koppelung.

Girardeau[19]) leitet aus dem bekannten Gleichungssystem für zwei gekoppelte Schwingungskreise, die nicht dieselbe Eigenperiode haben, die Bedingungen her, unter welchen sie nur eine resultierende Welle geben, und findet dafür bestimmte Abhängigkeiten zwischen den Dekrementen, Eigenfrequenzen und der Koppelung der Kreise. Diese lassen sich ohne weiteres nicht leicht herstellen. Es wird darauf gezeigt, daß wenn die Kreise nicht unmittelbar, sondern durch einen dritten Kreis, ohne Kondensator und mit geringem Widerstand, gekoppelt werden, die erforderlichen Bedingungen sich durch die Einstellung der beiden Koppelungen, und zwar bei erheblichen Werten davon schaffen lassen. Die Theorie ist durch Versuche des Laboratoire Central de l'Électricité bestätigt worden.

Provotelle[20]) bespricht eine Näherungsmethode zur Integration der Gleichungen gekoppelter Systeme und wendet sie auf Systeme mit einwelliger Sekundärseite an.

Entwicklung der Stoßsender. Nesper[21]) stellt aus der Literatur zusammen, daß man vom Anfang der Entwicklung der drahtlosen Telegraphie an bewußt auf die Ausbildung von Stoßsendern ausgegangen sei; Wien gebühre das Verdienst, die geeigneten Mittel für die in der Technik meist angewandte Art der Stoßsendung angegeben zu haben. Bei dieser ist aber die erste Schwebung des gekoppelten Systems und während dieser Zeit die Mehrwelligkeit vorhanden. Dem Wienschen Schwebungsstoßsystem stellt er das ideale gegenüber, bei welchem im Erregerkreis nur ein aperiodischer Stoß entsteht, der das Antennensystem zu freien Schwingungen anschlägt.

Vergleich zwischen Funkensystemen und Hochfrequenzmaschinen-Systemen. Rein[22]) kommt zu dem Ergebnis, daß jene nur die Möglichkeit einer umfangreichen Wellenskala voraus haben, während hinsichtlich des Wirkungsgrades der Senderseite, der Energieabsorption in Erde und Luft und der Einrichtung von Tonempfang keine wesentlichen Unterschiede bestehen. In den übrigen Vergleichspunkten, z. B. der Erzeugung großer Leistungen, der Ausnutzung der Senderantenne, der Energieaufnahme des Empfängers sind die Systeme mit

Maschinen für andauernde Wellen den Funkensendern voraus; auch stören sie benachbarte Funkenanlagen nicht.

Die Löschfunkenstrecke von Huth[23]) ist reihenweise aus Scheiben aufgebaut, die am äußeren Rande einen Wulst, in der Mitte eine von ebenen parallelen Flächen begrenzte Verdickung gleicher Stärke tragen. Unter Zwischenlegen von Scheiben aus Isoliermaterial werden die Scheiben aufeinander geschichtet, so daß zwischen den Rändern des aus Silber hergestellten Wulstes die Funken frei sichtbar überspringen. Als besondere Vorteile werden die Sichtbarkeit der Funken, die günstige Gestalt der Elektroden, die gute Kühlung und schnelle Entionisierung bezeichnet.

Marconi[24]) verwendet zur Erzeugung kontinuierlicher Schwingungen einen Satz von Scheibenentladern, jeden mit einem Primärkreis, alle Sekundären in Parallelschaltung an der Antenne, die auf einer gemeinsamen Welle mit einer solchen Winkelverschiebung gegeneinander befestigt sind, daß jeder folgende um eine Periode der Antennenschwingung später einsetzt als der vorhergehende. Das genaue Einsetzen jedes Funkens wird durch einen Hilfsfunken herbeigeführt, der an einer Hilfsentladescheibe übergeht.

Für die Station am Eiffelturm sind Quecksilberunterbrecher für große Stromstärken geliefert worden[25]), die sich von den bisher gebräuchlichen dadurch unterscheiden, daß der Quecksilberstrom selbst bei Geben der Zeichen geschlossen und unterbrochen wird, entweder dadurch, daß ein von der Sendertaste aus betriebenes Pumpwerk das Quecksilber durch eine Düse gegen die andere Elektrode spritzt, oder daß bei einer Turbine das Quecksilber durch eine magnetisch bewegte Klappe freigegeben oder gesperrt wird.

Gage[26]) beschreibt die Einrichtung einer Mehrphasenhochfrequenzmaschine und Versuche damit. Feld und Anker der Maschine werden durch besondere Motoren gegeneinander angetrieben; die Teilung des Ankers ist dreimal so eng wie die des Feldmagnets, der Wechselpole besitzt. Jede Wicklung liefert einen Strom von 6000 Per/s. Dieser wird einem besonderen Schwingungskreis mit Löschfunkenstrecke zugeführt, die Sekundären der Koppelungstransformatoren liegen in Reihe mit der Antenne, so daß diese bei Einsetzen aller Wicklungen 18000 Funken in der Sekunde erhält.

Bouvier[27]) entwickelt rechnerisch, wie man die Eigenschaften eines unter Resonanz betriebenen Erregerkreises einer Station zu bemessen hat, um eine bestimmte Primärleistung und Funkenzahl zu erhalten.

Abstimmung des Empfängers. Bei gegebenen Maßen und bestimmten Absorptionsverhältnissen gibt es einen günstigsten Wert für die Wellenlänge. Blatterman[28]) geht von einer von Austin bestätigten Formel aus und sucht auf graphischem Wege Lösungen. Ihre Zusammenstellung zeigt, wie vorteilhaft lange Wellen für große, kurze Wellen für kleine Entfernungen sind. Ein Leser des Blattes weist darauf hin, daß das Ergebnis einfacher auf dem üblichen Wege der Maximum-Minimum-Rechnung hätte gewonnen werden können.

Rein[29]) behandelt theoretisch und durch Versuche die Frage der Abstimmschärfe des Empfängers mit aperiodischem Kreis bei Benutzung verschiedener Sender. Es ergab sich, daß bei gleicher Leistung Hochfrequenzmaschine und Lichtbogensender gleiche Abstimmschärfe ergeben, um so größere, je kleiner die Empfängerdämpfung ist. Bei einem tönenden Löschfunkensender war die Abstimmschärfe geringer als bei ungedämpften Schwingungen, und zwar um so mehr, je stärker die Dämpfung des Senders gegenüber derjenigen des Empfängers ist.

Glühlampenempfänger. De Forest[30]) beschreibt die Entwicklung des Audions, ausgehend von Versuchen mit Gleichstromleitung durch eine Bunsenflamme, polemisiert bei Erwähnung der Einführung einer Gitterelektrode gegen Reiß und Lieben, wie auch sonst gegen Fleming und bespricht alsdann die Eigenschaften des Audions als eines quantitativen spannungsempfindlichen Relais. Er erörtert die Anwendung in der drahtlosen Telephonie, insbesondere aber in der gewöhnlichen Telephonie, in der er sich mit Stone von der Er-

setzung des Mikrophons durch ein von einem elektromagnetischen Sender erregtes Audion bessere Lautbildung und wegen der beliebig zu verstärkenden Kräfte erhebliche Ersparnisse an Leitungsmaterial verspricht.

Coursey[31]) hat die von Fleming für Glühlampenempfänger festgestellte Beziehung, daß die Empfindlichkeit proportional dem zweiten Differentialquotienten der Charakteristik ist (Strom gegen Spannung aufgetragen), für andere Detektoren untersucht und sie außer bei Bleiglanz- und elektrolytischem Detektor bestätigt gefunden.

Feste Großstationen. Marconi[32]) plant eine neue Anlage für transatlantische Telegraphie, von welcher der in Wales gelegene Teil fertig ist. Die Betriebsstelle für Senden und Empfangen liegt in Towyn, die Hochfrequenzanlage etwa 100 km davon in Carnavon. Zum Empfangen dient eine horizontale Antenne, die auf fünf 90 m hohen Türmen getragen wird und der Sendeantenne, die also 100 km seitlich liegt, parallel läuft. Vom Lande her einlaufende Telegramme werden auf einem Creedschen Locher in Streifen gestanzt, die zur Weitergabe an die Hochfrequenzstation dienen. Die Sendeantenne, gleichfalls horizontal nach Osten gerichtet, ist etwa 1200 m lang und wird von 10 Masten von 120 m Höhe getragen. Unter der Antenne ist ein gleich langes Erdnetz vergraben, das noch durch zwei vielfach untereinander verbundene, die Station in zwei konzentrischen Ringen umgebende Erdplatten ergänzt wird. Zur Stromerzeugung wird ein Wechselstrommotor von 400 kW benutzt, der eine Maschine für 300 kVA, 150 Per/s, 1750 V antreibt. Mit ihr synchron läuft ein Funkenrad, das daher 300 Funken in der Sekunde erzeugt. Bei anderen Funkenzahlen wird Gleichstrom verwendet. Der Maschinenstrom wird in Signale zerlegt und dann den Transformatoren für Spannungserhöhung zugeführt. Die abgehenden Ströme würden in der Empfangsstation noch merkbar sein, zu ihrem Ausgleich dient eine in Towyn senkrecht zur Empfangsantenne angebrachte und mit dem Abstimmapparat geeignet gekoppelte Hilfsantenne. Der gleichzeitige Betrieb in beiden Richtungen soll durch Anwendung verschiedener Wellenlängen ermöglicht werden.

Brenot[33]) gibt eine ausführliche Darstellung des Netzes drahtloser Verbindungen in den französischen Kolonien. Es umfaßt im Plan eine fast äquatorische Hauptleitung vom südlichen Frankreich über Colomb-Bechar im südlichen Oran nach Timbuktu, von dort nach Bangui am Kongo einerseits und nach St. Louis am Senegal anderseits. Von Bangui nach Djibouti, Pondichéry, Saigon, Nouméa, Tahiti, Marquises, Martinique nach St. Louis zurück, unter denen Strecken von 7500 und 8500 km vorkommen. Von dieser Hauptlinie zweigen Seitenlinien ab, deren größte die von Djibouti nach Madagaskar ist. 35 Stationen sind fertig oder im Bau, von 27 anderen, die geplant sind, stehen mehrere vor der Ausführung.

Hogan[34]) beschreibt die Größenverhältnisse und Arbeitsweise der Station Sayville und ihrer Gegenstation Nauen in Deutschland, um dann die interessante Frage zu erörtern, ob es möglich sei, zwischen diesen Stationen Telegramme zu wechseln, von denen angeblich andere Stationen an der atlantischen Küste nichts haben hören können, die denn auch die deutschen Kriegstelegramme als erfunden bezeichnen. Nach Hogans Meinung läge in dem Nichthörenkönnen der anderen, angenommen es verhalte sich so, kein Beweis gegen die Echtheit der Telegramme, weil die deutschen Stationen erstens Verstärkungsapparate besonderer Mächtigkeit besäßen und weil sie außerdem mit andauernden Wellen und Interferenzempfang, letztere mit Hilfe der Verstärker arbeiteten. Jedenfalls sei nach der technischen Einrichtung die Möglichkeit des Empfanges gegeben.

Die Großstation Tuckerton bei Atlantic City, mit einer Hochfrequenzmaschine nach Goldschmidt, die vor Beginn des Krieges im Probebetrieb gewesen war, diente nach Kriegsausbruch mit der etwas schwächeren Telefunkenstation Sayville dem deutsch-amerikanischen Verkehr; am 9. September wurde, um einem Streit um Konzessionseinzelheiten ein Ende zu machen, der Ver-

kehr dem Marineamt der Vereinigten Staaten übergeben. In der Nacht vom 15. zum 16. September wurde die Maschine betriebsunfähig; bis zum Eintreffen einer neuen aus Deutschland wurde zunächst mit einem Lichtbogensender, dann mit einer Aushilfmaschine aus Kalifornien gearbeitet. Hogan[35]) erläutert das Prinzip der Maschine, beschreibt Antenne und Sendeeinrichtungen sowie das beim Empfang dienende Tonrad.

Feste und bewegliche Anlage für eine Eisenbahn. Die Delaware, Lackawanna and Western Railroad hat auf der Strecke von New York nach Boston funkentelegraphischen Verkehr eingerichtet, der auch von und nach dem Zuge gerichtet werden kann. Außer den genannten Endstationen sind feste Sendestellen in Scranton und Binghamton errichtet worden. Die von Hogan[36]) beschriebenen der beiden Zwischenstationen haben als Antennen vier parallele Drähte in einer Höhe von etwa 50 m über dem Erdboden, 230 und 120 m lang. 500periodischer Wechselstrom dient zur Erregung des Marconischen Löschfunkensenders von 2 kW mit vielplattiger Funkenstrecke; die 230 m lange Antenne nimmt bei 1600 m Wellenlänge 12 A auf. Auf einem der Expreßzüge ist als Antenne eine über vier Wagen sich erstreckende Schleife von 76 m Länge, 3 m Breite, 3,7 m Höhe über Erde angebracht, die von einem ähnlichen Sender, aber nur mit 1 kW erregt wird. Der Empfang geschieht in festen und beweglichen Stationen mit den bekannten Einrichtungen. Verkehr von und nach dem Zuge ist nur auf 50 bis 80 km beiderseits jeder Sendestelle möglich; dazwischen liegen Strecken ähnlicher Länge, wo der Zug weder senden noch empfangen kann. Unterwegs wechselt die Empfangsintensität infolge der Geländebeschaffenheit oder durch Bauwerke schnell und in weiten Grenzen. Vorläufig legt die Gesellschaft größeren Wert als auf den Verkehr nach dem Zug auf die Sicherstellung ihres Telegraphenverkehrs gegen Leitungsbruch und plant deshalb die Errichtung von noch mehr festen Stationen.

Anlagen auf Schiffen. Die staatliche Aufsicht über die funkentelegraphischen Anlagen der Dampfer wird in New York streng gehandhabt. El. World[37]) berichtet zwei Fälle, in denen die Dampfer Cedric und Majestic, deren Notanlage nicht in Ordnung war, sich die Begleitung des Abnahmebeamten bis Staten Island gefallen lassen mußten, bis ihre Apparate in Ordnung gebracht waren.

Anlage auf Flugzeugen. Um aus einem Freiballon ohne Gefahr senden zu können, schlägt Ludewig[38]) eine Abänderung der von ihm angegebenen Antennenform mit äquatorialem Ring in der Art vor, daß der Drahtring in der Höhe des Korbes an Schnüren mit Isolatoren getragen wird, während als Gegenantenne wie sonst ein vom Korb nach unten hängender Draht dient.

Fernsprechen mit Hilfe hochfrequenter Schwingungen. Kühn[39]) beschreibt ein bei der Ges. f. drahtlose Telegraphie ausgebildetes System für drahtlose Telephonie in den Grundzügen. Die Antenne wird durch eine Hochfrequenzmaschine normalerweise in Resonanz erregt mittels eines eisengeschlossenen Koppelungstransformators. Dieser trägt eine dritte Wicklung, in der ein durch das Mikrophon beeinflußter gleichgerichteter Strom fließt. Je nach seiner Stärke ändert er die Permeabilität des Eisens und dadurch die Abstimmung. Die Antennenstromstärke stellt sich als Funktion des Hilfsstromes durch eine einer Resonanzkurve ähnliche Kurve dar. Man wählt den mittleren Hilfsstrom so, daß der dem mittleren Punkt des aufsteigenden Astes im fast geradlinigen Teil der Kurve entsprechende Stand erreicht wird, und die Änderungen durch das Mikrophon so groß, daß die Punkte am oberen und unteren Ende des geradlinigen Teiles bei den größten Änderungen erreicht werden. Dann ändert sich die Antennenstromstärke bei den lautesten Tönen fast zwischen der Resonanzstromstärke und einem sehr kleinen Wert. Es wird erwähnt, daß Erfolge bis zu 600 km Entfernung erreicht wurden.

De Forest[40]) bringt Apparate heraus, in denen mittels des Audions Gleichstrom in Hochfrequenz-Wechselstrom für drahtlose Telephonie umgeformt wird. Bei 200 V Gleichspannung lassen sich 2 bis 3 W in Hochfrequenz ent-

ziehen, die bis zu etwa 5 km eine Verständigung ermöglichen sollen. Große Apparate für 1 kW sind in Vorbereitung.

Colin und Jeance[41]) schalten bei 500 bis 750 V Maschinenspannung über Drosseln und Beruhigungswiderstände drei Lichtbogen in Reihe; in jedem eine Kathode aus 1,5 mm starkem Kohlenstift gegen eine gekühlte Kupferanode; die Bögen brennen in karburiertem Wasserstoff. Ihnen parallel liegt der Erregerschwingungskreis, der über einen Zwischenkreis auf den Antennenkreis wirkt; in dessen Erdleitung liegt ein Kondensator, der mit dem von der Koppelungsspule abzweigenden Mikrophon (neun Zellen) und einem Variometer einen Kreis zur Beeinflussung durch die Sprache bildet. Bei einer Wellenlänge von 985 m, mit 3,2 A in der Antenne, 0,5 im Mikrophonkreis gelang die Verständigung auf 200 km.

Ditcham[42]) beschreibt Versuche mit drahtloser Telephonie, bei denen die Schwingungen im Sender von einer Löschfunkenstrecke mit Gleichstromspeisung hoher Spannung erregt werden, die aber nicht näher beschrieben wird. Bei 1500 W Leistung auf der Gleichstromseite war regelmäßiger Verkehr auf 50 km möglich, während gelegentlich 175 km über Land gefunden wurden.

[1]) Dean, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 13. — [2]) Barkhausen, ETZ 1914, S 448. — [3]) Fleming, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 623. — [4]) Parodi, Lum. él. R 2, Bd 25, S 449 u. 491. — [5]) Reich, El. Masch.-Bau 1914, S 18. — [6]) Austin, JB drahtl. Telegr. Bd 8, S 575. — [7]) Tailor, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 450. — [8]) Busch, JB drahtl. Telegr. Bd 8, S 554. — [9]) Demmler, Arch. El. Bd 3, S 107. — [10]) Leimbach, Antenne 1914, S 1. — [11]) de Bellescize, Lum. él. R 2, Bd 25, S 556. — [12]) Bouthillon, ETZ 1914, S 98. — [13]) Brand, Arch. El. Bd 2, S 490. — [14]) de Groot, JB drahtl. Telegr. Bd 8, S 109. — [15]) Braun, JB drahtl. Telegr. Bd 9, S 1. — [16]) Braun, JB drahtl. Telegr. Bd 8, S 1, 132. — [17]) JB drahtl. Telegr. Bd 8, S 45. — [18]) Riegger, JB drahtl. Telegr. Bd 8, S 58; Bd 9, S 229. — [19]) Girardeau, Lum. él. R 2, Bd 26, S 37, 69. — [20]) Provotelle, Lum. él. R 2, Bd 25, S 647. — [21]) Nesper, ETZ 1914, S 322, 359. — [22]) Rein, ETZ 1914, S 875. — [23]) v. Wysiecki, Antenne 1914, S 16. — [24]) Marconi, El. Masch.-Bau 1914, S 495. — [25]) Holweck, El. Masch.-Bau 1914, S 563. — [26]) Gage, El. World Bd 63, S 1042. — [27]) Bouvier, Lum. él. R 2, Bd 25, S 385, 417. — [28]) Blatterman, El. World Bd 64, S 326. — [29]) Rein, JB drahtl. Telegr. Bd 8, S 393. — [30]) de Forest, ETZ 1914, S 699. — [31]) Coursey, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 183. — [32]) Hogan, El. World Bd 64, S 425. — [33]) Brenot, Lum. él. R 2, Bd 25, S 769. — [34]) Hogan, El. World Bd 64, S 615. — [35]) Hogan, El. World Bd 64, S 853. — [36]) Hogan, El. World Bd 63, S 89. — [37]) El. World Bd 63, S 299. — [38]) Ludewig, Antenne 1914, S 7. — [39]) Kühn, ETZ 1914, S 816. — [40]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 402. — [41]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 655. — [42]) Ditcham, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 569.

XI. Telephonie.

Theorie, Leitungsbau. Von Kaiserl. Ober-Telegraphen-Ingenieur Geh. Postrat Prof. Dr. Franz Breisig, Berlin. — Apparate, Fernsprechbetrieb. Von Telegraphen-Ingenieur Karl Höpfner, Berlin.

Theorie, Leitungsbau.

Von Geh. Postrat Dr. Franz Breisig.

Theorie der Fernsprechleitungen. Devaux-Charbonnel[1]) erörtert die Gleichungen für nicht homogene Leitungen und deren bekannte Eigenschaft, für jede der beiden Richtungen zwar verschiedene Charakteristiken, aber denselben Dämpfungsexponenten zu besitzen. In bezug auf die Messung des letzteren zieht er der Methode der Leerlauf- und Kurzschlußmessungen den Vergleich der abgehenden und ankommenden Ströme vor; im Falle nicht homogener Leitungen wird der am Ende einschließlich des Galvanometers eingeschaltete Widerstand gleich der für dieses Ende geltenden Charakteristik gemacht. Die Messungen werden nacheinander in jeder der beiden Richtungen ausgeführt.

Cahen[2]) erörtert die Ausführung der bekannten Wechselstrommessungen an Fernsprechleitungen. Für lange Leitungen ($\beta l > 2$) hält er solche mit Bestimmung des abgehenden und ankommenden Stromes durch galvanometrische Messungen praktisch für die besten und auch für genügend genau; stehen zum Anfang zurückkehrende Schleifen zur Verfügung, so empfiehlt sich die Ausführung eines Sprechversuchs mit einer Eichleitung gleicher Charakteristik. In den Fortsetzungen bringt er Rechnungen über zusammengesetzte Leitungen.

Um den Einfluß von Punktbelastungen auf die Schwingungsform einer gespannten Schnur zu zeigen, läßt Fleming[3]) deren freien Anfang durch einen Elektromotor ohne Verdrehung schnell auf einem Kreis herumschwingen, so daß die sich knotenweise abteilende Schnur dem Auge das Bild eines Rotationskörpers bietet. Der Vergleich der Bäuche längs der Schnur unter verschiedenen Belastungen dient zur Erläuterung der Theorie.

Fernkabel zu Lande und unter Wasser. Die Reichstelegraphenverwaltung unternimmt den Bau eines etwa 600 km langen vieladrigen Fernsprechkabels Berlin-Rheinland, von dem zunächst die Strecke Berlin-Magdeburg fertiggestellt worden ist. Breisig[4]) erörtert nach einem Überblick über bisher in Deutschland verlegte Kabel die physikalischen Grundlagen der Aufgabe, ein Kabel von bestimmter Leistungsfähigkeit zu berechnen und beschreibt dann die Konstruktion und die Eigenschaften des Kabels. Auf der fertiggestellten Strecke hat es 24 Doppelleitungen aus 3 mm und 28 aus 2 mm starken Drähten; je zwei Doppelleitungen sind miteinander zu einem Vierer verseilt, und aus solchen ist das Kabel aufgebaut. Es ist Pupinisierung der Doppelleitungen und auch der Viererleitungen vorgesehen; zunächst sind nur Spulen für die Doppelleitungen eingebaut. Sie befinden sich in Abständen von 1700 m. Besondere Aufmerksamkeit wurde den dielektrischen Eigenschaften des Papiers gewidmet; es gelang, den Wert der wirksamen Ableitung bei den stärkeren Adern noch merklich unter 1 μ S für 1 km zu halten. Im Mittel ist eine Dämpfungskonstante von 0,00314 bei den stärkeren und 0,00487 bei den schwächeren Adern erreicht worden. Für den praktischen Betrieb ist das Kabel genügend frei von Mit- und Übersprechen; Versuche, diese Störungen vollständig zu beseitigen, sind noch im Gang. Sprechversuche über verschiedene durch Hintereinanderschalten gebildete Längen des Kabels und über einige an das Kabel angeschaltete Freileitungen entsprachen den Erwartungen. Unter betriebsmäßigen Bedingungen erhielt man zwischen Teilnehmerstellen über 600 km Kabel mit 2 mm starken Drähten oder 900 km des stärkeren Kabels noch durchaus genügende Verständigung.

Ebeling[5]) beschreibt Einzelheiten des Baues und der Verlegung des Kabels Berlin-Magdeburg. Beim Aufbau der Ader wird ein Papierstreifen in der Längsrichtung spiralig und überlappend um den Leiter herumgelegt und durch einen sich etwas einschnürenden Faden zusammengehalten; die zur Doppelleitung verseilten Adern werden durch einen Faden, die zum Vierer verseilten Doppelleitungen durch eine Papierspirale verbunden. — In Abständen von 20 bis 30 km sind ölisolierte Untersuchungsstellen eingebaut, die zum Teil in Kellern, zum Teil in Brunnen Platz gefunden haben. Das Kabel ist in einen Zementkanal mit vier Öffnungen eingezogen, der 1200 Brunnen, darunter 88 größere für Spulenkästen enthält. Zum Transport der Kabeltrommeln diente ein 45-pferdiges Lastauto mit Anhängern, welches vier Trommeln mit etwa 680 m Kabel in einer Fahrt befördern konnte. Zum Einziehen der Kabel dienten besonders gebaute Kabelwinden mit Motorbetrieb; sie tragen einen nach unten einstellbaren Ausleger mit den Leitrollen für das Zugseil; dies kann also durch jede Kanalöffnung geführt werden, ohne daß es nötig wird, Rollen in die Brunnen einzubauen. Mit dieser Winde, die je nachdem 8, 4, 2 m in der Minute zog, konnte man in 12 Stunden 2 km Kabel einziehen. Das Anfertigen einer Muffe erforderte 24, der Einbau eines Spulenkastens 48 Stunden.

Hill[6]) beschreibt die Ergebnisse, welche beim Einbau von Spulen in zwei Leitungen London-Leeds erzielt wurden. Beide bestanden aus Kupferdraht

von rd. 3,5 m Stärke (300 lbs/mile); durch die Spulen wurden für 1 km 33,1 und 13,3 Millihenry zugefügt, mit 1290 und 1930 m Spulenabstand. Der wirksame Zusatzwiderstand der Spulen war für $\omega = 5000$ gleich 25 Ω für 1 H. Wechselstrommessungen ergaben $\beta = 0{,}00181$ und 0,00236 für 1 km, während eine gleich starke spulenlose Leitung an demselben Gestänge $\beta = 0{,}00355$ zeigte. Sprechversuche, unter Benutzung eines Standardkabels angestellt, ergaben etwas höhere Werte. Es wird aus diesen Ergebnissen gefolgert, daß auch für England Spulenleitungen vorteilhaft sind; aus praktischen Gründen empfiehlt sich der Einbau von Spulen erst, wenn der Dämpfungsexponent der natürlichen Leitung über 0,8 liegt.

Zwischen Manchester und Dublin ist ein Fernsprech-Seekabel nach dem Pupinsystem verlegt worden. Seine Länge[7]) beträgt 119 km, es ist vieradrig, und jede Ader enthält 45 kg Kupfer und 42,1 kg Balata für 1 km. In Abständen von je 1 Seemeile sind Spulen für die Belastung jeder der beiden Doppelleitungen und der aus ihnen gebildeten Viererleitung eingebaut. An beiden Enden enthält das Kabel einen fünften Leiter, dessen inneres Ende über eine Eisendrahtlitze mit der Bewehrung verbunden ist; man will ihn zu Versuchen, über Einzeladern zu sprechen, benutzen. Die Dämpfungskonstante für 1 km ist 0,00810 für Doppel- oder Viererleitung bei $\omega = 5000$, die Charakteristiken haben bei derselben Frequenz ungefähr die Werte 690 und 465 Ω. Die Spulen sind gegen früher sehr verbessert, da sie für 1 H wirksame Induktivität nur mehr 48 Ω wirksamen Widerstand einführen. Die Übertragung durch Mitsprechen zwischen Stamm- und Viererleitung ist nicht größer als über eine Leitung mit einem Dämpfungsexponent 7. Unter den 14 Drähten der Bewehrung ist einer durch eine dreiadrige Litze ersetzt, um das Kabel auch äußerlich als Spulenkabel zu kennzeichnen.

Störungen von Schwachstromanlagen durch Starkströme. Wagner[8]) stellt zunächst die Gleichungen auf für den Verlauf der durch eine plötzliche Änderung in einer induzierenden Leitung in benachbarten Leitungen hervorgerufenen Spannungen und Stromstärken. Er erörtert im zweiten Teile der Arbeit zahlreiche Beispiele und schließt mit einer Darlegung der Theorie des elektromagnetischen Feldes eines Mehrfachleitersystems.

Einem Bericht in El. World[9]) über die Tätigkeit einer Kommission zum Studium der Störungen durch Hochspannungsanlagen ist außer den nichts Neues enthaltenden praktischen Schlüssen eine neuartige theoretische Auffassung zu entnehmen. Bei einem Dreiphasensystem mit gleichen verketteten Spannungen werden die Spannungen der drei Leiter zerlegt in je eine erste Komponente, die zusammen die Summe Null und gleiche Phasenunterschiede haben, und je eine zweite, die untereinander gleich groß und gleichphasig sind. Die Ströme werden in drei Komponenten zerlegt, die ersten mit der Summe Null, die zweiten als Schleifenstrom durch je zwei der drei Leiter, die dritten als gleichgerichtete Ströme in den Leitern mit Rückschluß durch die Erde. Es wird ausgeführt, welche Harmonischen der verschiedenen Komponenten für Störungsströme entweder in isolierten oder in geerdeten Schleifen in Betracht kommen.

Jensen[10]) gibt eine Schaltungsart für Drehstrommaschinen an, um die Harmonischen der durch 3 teilbaren Ordnungszahlen auszulöschen. Man stellt jede Wicklung aus zwei Teilen 1 und 2 her, verbindet die vorderen Enden der drei Teile 1 am Sternpunkt; das hintere Ende jedes der Teile 1 wird mit dem hinteren des in der Phase folgenden Teiles 2 verbunden und die drei vorderen Enden der Teile 2 mit den Phasenleitungen. Die dreifachen Harmonischen fallen heraus, weil sie in allen Wicklungen gleichphasig sind und da je zwei solcher Wicklungen gegeneinander geschaltet sind. Die Maschine hat indessen bei gleicher Leistung um etwa 6% größere Kupfer- und um 15% höhere Eisenverluste. Die Harmonischen der nicht durch 3 teilbaren Ordnungszahlen bleiben bestehen.

[1]) Devaux-Charbonnel, Lum. él. R 2, Bd 25, S 97. — [2]) Cahen, Lum. él. R 2, Bd 25, S 289, 443, 609, 652. — [3]) Fleming, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 1078.

— [4]) Breisig, ETZ 1914, S 646 u. 670. — [5]) Ebeling, ETZ 1914, S 695 u. 728. — [6]) Hill, Electr. (Ldn.), Bd 72. S 603. — [7]) El. Masch.-Bau 1914, S 335. — [8]) K. W. Wagner, ETZ 1914, S 639, 677 u. 705. — [9]) El.World. Bd 63, S 300. — [10]) Jensen, ETZ 1914, S 649.

Fernsprechbetrieb.

Von Telegraphen-Ingenieur K. Höpfner.

Entwicklung der Fernsprechnetze. Mit der Zunahme der Teilnehmerzahl in den größeren Städten ergibt sich die Notwendigkeit, sog. Netzpläne aufzustellen (vgl. auch JB 1913, S 169), die als Richtschnur für die Anlage des Fernsprechnetzes und der Vermittlungsanstalten zu dienen haben. Ein solcher Netzplan soll nach den Ausführungen von Hartz[1]) angeben, wie viele Fernsprechämter und Amtseinheiten ein Ortsnetz nach 15 Jahren umfassen wird, wie viele Teilnehmerleitungen zu jedem Amtsbezirk gehören werden, welches Kabelnetz erforderlich sein wird, um die Teilnehmer-, Verbindungs-, Vorschalte- und Nahverkehrsleitungen aufzunehmen, und wie viele Öffnungen jede Kabellinie besitzen soll.

Amtseinrichtungen, Handämter. An Hand der im Hamburger Fernsprechamt gesammelten Erfahrungen erörtert Pinkert[2]) die Frage, welches die beste Betriebsart für ein großes Fernsprechamt mit Handbetrieb ist. Zwei Systeme kommen in Betracht, der Hamburger Verteilerbetrieb (A-, B- und C-Plätze) und der amerikanische A-B-Betrieb. Die Vorzüge des Verteilerbetriebs bestehen in der Sicherheit und Zuverlässigkeit bei der Herstellung von Verbindungen, die Nachteile in der dem A-B-Betrieb etwas unterlegenen Leistungsfähigkeit und in der Empfindlichkeit der Betriebsweise, bei der Platzstörungen leicht zu größeren Verkehrsstockungen führen können, wenn nicht auf sorgsame Pflege der Amtseinrichtungen geachtet wird. Als Verbesserungen des Verteilerbetriebs werden vorgeschlagen 1. Teilung der B- und C-Plätze, um ihnen gleichzeitig 2 Anrufe zuzuführen, und 2. Verwendung von Wählern für die Verteilungsleitungen.

Aitken[3]) gibt einige Vorschläge für die Verbesserung des Handbetriebs ab; er hält Wählereinrichtungen für geeignet, den Vermittlungsbeamten in seiner Arbeit zu unterstützen und Fehler des reinen Handbetriebs auszumerzen. Baumann[4]) bringt einige Vorschläge für die Verbesserung des Verbindungsleitungs- und des Dienstleitungsbetriebs. — v. Linstow[5]) bringt eine Abhandlung über die Bestimmung der Wartezeit bis zur Beantwortung eines Anrufs seitens einer Sprechstelle; er leitet eine Formel für eine ideale Wartezeit ab, die gewissermaßen einen Maßstab für die Güte des Vermittlungsdienstes darstellt. — Fowle[6]) berichtet über Untersuchungen, die angestellt worden sind, um die Beziehungen zwischen der Belastung von Fernsprechleitungen und der hierdurch bedingten Verzögerung des Verkehrs zu bestimmen. — Dohmen[7]) bringt einige graphisch erläuterte Angaben über den Verkehrsumfang beim Fernsprechamt in Hamburg. — Turner[8]) erörtert den Einfluß einer guten Sprechweise der Beamtinnen auf die Güte des Fernsprechbetriebs. — Scott und Nock[9]) beschreiben die in Amerika üblichen Maßnahmen zum Schutz einer Fernsprechanlage gegen Feuersgefahr. — Die französische Verwaltung hat in Paris einen besonderen Anrufdienst[10]) für abwesende Fernsprechteilnehmer eingerichtet. Gegen eine besondere Gebühr werden hier die einlaufenden Anrufe vermerkt und dem Teilnehmer später mitgeteilt. Gleiche Einrichtungen bestehen in Norwegen (seit 1910) und in Österreich (seit 1912).

Selbsttätige Einrichtungen. Kruckow[11]) berichtet über Fortschritte in der Einrichtung von Wählerämtern im Reichs-Telegraphengebiet. Die günstigen Erfahrungen, die von der Reichs-Telegraphenverwaltung im Selbstanschlußbetrieb geschlossener Ortsfernsprechnetze mittleren Umfangs gesammelt worden sind, drängten zu Versuchen in größeren Ortsfernsprechnetzen,

um ein Urteil über die Anpassungsfähigkeit des Wählerbetriebs an andere Systeme und vor allem über den Verbindungsleitungsverkehr sowohl verschiedener Wählerämter untereinander als auch mit Handämtern zu gewinnen. So ist zunächst in Dresden das Hauptamt mit rd. 16000 Anschlüssen für den halbselbsttätigen Betrieb umgebaut worden. Ferner sind im Leipziger Ortsfernsprechnetz mehrere Hilfsämter mit halbselbsttätigem Betrieb eingerichtet worden. Im Dresdener Netz steht die Inbetriebnahme eines halbselbsttätigen Unteramts bevor. Hilfsämter sind kleinere Einheiten, denen eine Endaufnahmefähigkeit von höchstens 5000 Leitungen gegeben wird. Hilfsämter werden nur mit dritten Gruppenwählern und Leitungswählern ausgerüstet. Erste und zweite Gruppenwähler sowie Abfrageplätze werden bei dem nächsten Haupt- oder Unteramt untergebracht. Unterämter sind größere Amtseinheiten bis zu 10000 Leitungen; sie sind da am Platze, wo größere Teile des Leitungsnetzes zusammengefaßt werden können, die sich von dem übrigen Netz mehr oder weniger abtrennen. Unterämter erhalten beim Selbstanschlußbetrieb alle Arten von Wählern. Kruckow beschreibt an derselben Stelle ferner das in Liegnitz und Leipzig benutzte Schleifensystem für halbselbsttätigen Betrieb, bei dem die Benutzung der Erde beim Wählvorgang ausgeschaltet ist. Der Beschreibung der für den Verbindungsleitungsverkehr vorzusehenden Einrichtungen läßt Kruckow eine Erörterung über die Zahl der im Wählerbetrieb vorzusehenden Verbindungsmöglichkeiten vorausgehen; auf Grund von Messungen, die in Dresden, Leipzig und Liegnitz angestellt wurden, kommt Kruckow zu dem Ergebnis, daß die von Christensen angegebene Formel (JB 1913, S 170) $V = \frac{CT}{60} + m\sqrt{\frac{CT}{60}}$, wobei m mit zunehmendem TC-Werte von 4,74 bei $\frac{CT}{60} = 1$ bis 3,3 bei $\frac{CT}{60} = 80$ abnimmt, den praktischen Verhältnissen am besten entspricht. Die von Campbell angegebene Formel $V = \frac{CT}{60} + 2{,}8\sqrt[3]{\frac{CT}{60}}$ trägt den Verkehrsschwankungen zu wenig Rechnung, während die Formel der Western El. Co. $V = \frac{CT}{60} + 4{,}2\sqrt{\frac{CT}{60}}$ einen zu großen Sicherheitsfaktor enthält. Hierin sind V die Zahl der Verbindungsmöglichkeiten, CT die Gesprächsminuten, ein Produkt aus Zahl und Dauer der Gespräche. Kruckow beschreibt zum Schluß die für den Verbindungsleitungsverkehr und für den Fernverkehr bei Selbstanschlußämtern getroffenen Einrichtungen.

Stöckel[12]) beschreibt die technische Einrichtung kleiner selbsttätiger Vermittlungsanstalten auf dem Lande, die im Reichs-Telegraphengebiet bereits in größerer Anzahl im Betrieb sind und für die Normalmuster für Wählergestelle, Schalttafel usw. ausgearbeitet sind. Steidle[13]) bringt eine Abhandlung über ähnliche in Bayern wiederholt eingerichtete Unterzentralen für selbsttätigen Kleingruppenbetrieb; diese sollen den Landbewohnern Anschluß an das Fernsprechnetz geben, ohne daß hierfür kostspielige Handvermittlungsämter geschaffen werden. An bestimmten Knotenpunkten des Netzes werden für kleinere Gruppen von Teilnehmern, etwa 20, Schaltapparate mit Wählerbetrieb aufgestellt, die mit dem nächsten von Hand betriebenen Vermittlungsamt durch einzelne Doppelleitungen verbunden werden. Schreiber[14]) bringt technische Einzelheiten über die Einrichtung von Schutzhäuschen für die Steidleschen Gruppenumschalter.

In Darlington (England) ist von der Western El. Co. ein vollautomatisches Fernsprechamt eingerichtet worden, das erste seiner Art im öffentlichen Betriebe. J. Hedley[15]) und G. H. Green[16]) beschreiben das neue System. Die Wähler werden nicht schrittweise voranbewegt, sondern werden beim Wählvorgang von dauernd umlaufenden Scheiben mitgenommen. Die Hauptunterschiede des Systems gegenüber dem Strowgerschen sind folgende: 1. das neue System

wird mit Motorkraft betrieben; 2. die Leitung des rufenden Teilnehmers wird durch Anrufsucher gefunden; für je 60 Teilnehmer sind 8 Anrufsucher vorhanden; 3. umlaufende Schaltapparate stellen die Verbindung zwischen dem rufenden und dem gerufenen Teilnehmer her; 4. die von der Wählscheibe des Teilnehmers entsandten Stromstöße werden von einem besonderen, „register" genannten Zählapparat aufgefangen. Dieser steuert die Bewegung der Gruppen- und Leitungswähler und wird aus dem Stromkreis ausgeschaltet, sobald die Verbindung hergestellt ist; 5. die Leitungswähler beherrschen 200 Leitungen (20 in jeder Reihe) (statt 100 beim Strowgerschen System), der Gruppenwähler beherrscht 22 Leitungen nach den Leitungswählern (statt 10); 6. eine Batterie von 24 V liefert den Sprechstrom, eine von 48 V den Strom für die Signalkreise. Ein wesentlicher Apparat des automatischen Western-Systems ist der sog. „sequence switch"; er besteht aus einer Schaltwalze, deren Schaltansätze auf Federkontakte einwirken. Die bisher mit diesem System gesammelten Erfahrungen sollen günstig sein.

Ein von Betulander[17]) angegebenes neues Selbstanschlußsystem arbeitet zum Unterschiede von den mit elektromagnetischen Wählern betriebenen Systemen (Strowger, Lorimer u. a. m.) nur mit Schaltrelais, die, im Gegensatz zu den Wählern der älteren Systeme, aus den Stromkreisen selbsttätig ausgeschaltet werden, sobald die Verbindung hergestellt ist, und dann für neue Verbindungen bereitstehen.

Ein sog. halbselbsttätiges Vermittlungssystem nach Corwin[18]), das erstmalig in Fort Wayne (Ind., Nordamerika) in Betrieb gesetzt worden ist, arbeitet mit Anrufsuchern; ferner werden die Verbindungen selbsttätig auf freie Schnurpaare geleitet, nachdem die Verbindung mit der Vielfachklinke von Hand hergestellt worden ist. Abfrageklinke, Abfragestöpsel und Hörschlüssel sind vermieden.

In King's College Hospital[19]) in London ist eine 150 Leitungen umfassende Hauszentrale für selbsttätigen Betrieb eingerichtet worden. Wesentlich an diesem System ist der Ersatz des zweiten Wählersatzes durch einen „discriminator" genannten zweiten Vorwähler für 15 Leitungen.

Lubberger[20]) behandelt in seiner Doktordissertation die Zusammenhänge zwischen Anrufzahl und Zahl der Verbindungsmöglichkeiten bei einem Vermittlungsamt mit Selbstanschlußbetrieb und ihren Einfluß auf die Güte des Betriebs. Mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung werden Gleichungen entwickelt, mit denen Aufgaben über Einzelheiten in der Anlage von Vermittlungsämtern gelöst werden; ferner werden Regeln für die allgemeine Lösung ähnlicher Fragen abgeleitet.

Campbell[21]) bringt Ergebnisse von Messungen der Verkehrsstärke in einem Selbstanschlußamt und beschreibt die hierbei benutzte Registriereinrichtung, die es ermöglicht, nicht nur die Zahl der Anrufe in einem Fernsprechamt, sondern auch die mittlere Dauer jedes Anrufs mechanisch auf einem beweglichen Papierstreifen aufzuzeichnen. Auch über die Gleichzeitigkeit der Verbindungen gibt der Apparat Aufschluß.

Fernamtseinrichtungen. In München ist ein neues Fernamt in Betrieb genommen worden, dessen Einrichtung von Schreiber[22]) ausführlich beschrieben wird. Bemerkenswert sind folgende Neuerungen: 1. halbselbsttätige Fernvermittlung, die den verschiedenen Betriebsformen Münchens — vollautomatisches System und Handbetrieb mit OB-Apparaten — Rechnung trägt; 2. selbsttätige Verteilung der Anrufe mit Aushilfsplätzen für Handbetrieb; 3. besondere Zeitsignal- und Zeitstempelapparate.

Hartz[23]) gibt einen Überblick über die neuere Entwicklung der Amtseinrichtungen im Fernleitungsbetriebe der Reichs-Telegraphenverwaltung und bringt Einzelheiten über den Hauptverteiler, Klinkenumschalter, Zwischenverteiler, Anrufschaltung, Nacht- und Sammelplätze, Ringübertrager für den Fernverkehr, Einrichtungen für den vereinfachten Fernverkehr, Summermeldebetrieb, Fernanschlüsse, Zettelrohrpost, Beleuchtung der Fernschränke.

Anfang 1914 ist in New York im Gebäude der New York Telephone Co. zwischen der Walker und der Lippenard Street ein neues Fernamt für 500 Fernleitungen und etwa 1500 Ortsverbindungsleitungen in Betrieb genommen worden[24]). Tägliche Gesprächszahl etwa 12400. 200 Fernleitungen werden gleichzeitig zur Beförderung von Telegrammen benutzt.

Petritsch[25]) untersucht mit Hilfe von Wechselstrommessungen an wirklichen Leitungen und Ämtern, welchen Einfluß Zwischenämter in Fernleitungen auf die Sprechverständigung ausüben. Er findet, daß die in Österreich übliche Wechselstromglocke der Zwischenämter (1000 Ω, etwa 100 H) den Dämpfungswert der Leitung nicht erhöht.

Sprechverkehr auf große Entfernungen.

In Nordamerika ist es gelungen, eine Sprechverbindung zwischen New York und San Franzisko über eine Entfernung von rd. 5500 km herzustellen[26]). Zwischen den beiden Orten sind zwei Doppelleitungen aus 4,2 mm starkem Hartkupferdraht im Betriebe. Aus den beiden Doppelleitungen ist eine Viererleitung (phantom circuit) gebildet worden. Nicht mehr als etwa 16 km des ganzen Linienzugs verlaufen in Kabeln. Die drei Stromkreise sind pupinisiert. Bei der feierlichen Eröffnung des Sprechverkehrs sprach u. a. Theodor N. Vail, der Präsident der American Telephone & Telegraph Company, von Jekyl Island aus, etwa 1600 km von New York entfernt, über New York mit Thomas A. Watson in San Franzisko, also über eine Entfernung von 7100 km. Auch dem Präsidenten der Vereinigten Staaten wurde Gelegenheit gegeben, mit San Franzisko zu sprechen. Rechnet man mit einer spezifischen Dämpfung von 0,0009 für 1 km, so beträgt der Dämpfungswert für die Stammleitungen der Strecke New York-San Franzisko etwa 5,0 und für die Leitungsverbindung Jekyl Island-San Franzisko 6,4. Hiernach wird anzunehmen sein, daß man Fernsprechverstärker entweder in der Wechselschaltung oder bei beiden Sprechstellen hat verwenden müssen, um eine ausreichende Verständigung zu erzielen. Die Gebühr für ein Dreiminutengespräch beträgt 87 M und für jede weitere Minute 28 M 40 Pf.

In Europa ist im April 1914 eine 2015 km lange Fernleitung zwischen Berlin und Rom über Mailand in Betrieb genommen worden[27]). Die Leitung besteht aus 4,5 mm starkem Hartkupferdraht. In Abständen von 10 km sind Pupinspulen von 0,2 H eingeschaltet. Die spezifische Dämpfung beträgt etwa 0,001, der Dämpfungswert für die ganze Strecke etwa 2,1. Die Leitung ist in Abständen von 1 km regelmäßig gekreuzt. Im Simplontunnel verläuft die Leitung in einem Kabel. Zur Vermeidung von Reflexionsverlusten ist das Kabel beiderseitig durch angepaßte Ringübertrager abgeschlossen.

Auf dem Gebiete der Fernsprechverstärker scheint der von Lee de Forest[28]) 1906 angegebene und im Laufe der Zeit verbesserte Audionverstärker in lebhaften Wettbewerb zu treten mit dem im JB 1913, S 176, erwähnten Fernsprechverstärker nach v. Lieben, Reiß und Strauß. In der quantitativen Wirkung steht der Audionverstärker hinter dem Liebenschen Verstärker zurück. Dieser verstärkt im Verhältnis von 1:30, jener etwa 1:6. Zwei hintereinander geschaltete Audionverstärker der von de Forest gewählten Ausführung kommen in der Wirkung einem Liebenschen Verstärker gleich.

Mit dem Liebenschen Verstärker sind in einer Leitungsverbindung Berlin-Köln-Brüssel-La Panne-London praktische Versuche angestellt worden[29]), die teilweise von Erfolg begleitet gewesen sind. In Köln und Brüssel lag je ein Verstärker in Hin- und Rückschaltung in der Leitung.

In dem amerikanischen Patent 1074298 von Shreeve[30]) wird die in Nordamerika übliche Wechselschaltung für Fernsprechverstärker wiedergegeben; sie verlangt ebenfalls, daß die Scheinwiderstände der über den Verstärker zu verbindenden Leitungen einander bis zu einem gewissen Grade gleich sind.



Currier[31]) berichtet über die Anforderungen, die zum Nutzen einer ausreichenden Verständigung in langen Fernleitungen an die Fernamtseinrichtungen zu stellen sind, so unter anderem möglichst geringe Verluste in Übertragern und Schnüren, größere Lautwirkung der ZB-Apparate, mehr Mikrophonstrom (48 V statt 24 V im ZB-Betrieb), Kabel mit großer Sprechfähigkeit im Verbindungsleitungsverkehr der Fernämter großer Städte. Gherardi[32]) berichtet ebenfalls hierüber und stellt gewisse Standardwerte für die Güte der Verständigung im Orts-, Vororts- und Fernverkehr auf.

Cohen[33]) bringt eine Abhandlung über Messungen an Fernsprechschaltungen, in der er zu ermitteln sucht, wodurch die Güte der Sprechverständigung beeinflußt wird.

J. G. Hill[34]) berichtet über Versuche, aus den beiden Doppelleitungen eines Unterseekabels 4 Sprechkreise zu bilden, und zwar die beiden Stammleitungen, den aus ihnen gebildeten Viererkreis und einen diesem übergelagerten und mit Erde als Rückleitung betriebenen Hilfskreis. Nach dem günstigen Ausfall dieser Versuche sollen die von Frankreich und Irland nach England verlaufenden Unterseefernsprechkabel nach der neuen Schaltung betrieben werden.

Apparattechnik.

Schreiber[35]) gibt eine Darstellung der in Bayern üblichen selbstkassierenden Sprechstellen; auch Teuffert[36]) bringt eine Abhandlung über Fernsprechautomaten. — Heidecker[37]) beschreibt das im Telegraphenapparatamt übliche Verfahren, Mikrophone praktisch miteinander zu vergleichen. — Dohmen[38]) berichtet über die beim Fernsprechamt in Hamburg getroffenen Einrichtungen zur Abgabe von Zeitsignalen der Hamburger Sternwarte an Fernsprechteilnehmer.

Der auf Wärmewirkung beruhende Fernhörer von de Lange[39]) besteht aus einem bogenförmig gekrümmten Platindraht von 0,002 mm Stärke, der in einen als Resonator dienenden, oben fein durchbohrten Metalldeckel und in eine ebenfalls durchbohrte Ebonithülle eingeschlossen ist. Das so beschaffene Instrument soll die menschliche Sprache deutlich wiedergeben; es wird mit dem sendenden Mikrophon in Reihe geschaltet.

Das Wernerwerk der A.-G. Siemens & Halske bringt einen „Esha"-Phonophor[40]) genannten elektrischen Hörapparat für Schwerhörige auf den Markt.

Auf dem Gebiet des Lautfernsprechers ist das Diktograph-Fernsprechsystem von Turner[41]) von einigem Interesse. Das für Geschäftsbetriebe bestimmte System besteht aus einer Zentralstation, die mit einem Lautsprechmikrophon und mit einem lautsprechenden Hörer ausgestattet ist. Mit Hilfe dieser Apparate kann man von der Zentralstelle aus in beliebiger Entfernung vom Apparat eine Unterhaltung mit den an die Zentrale angeschlossenen Sprechstellen führen. Diese sind ebenfalls mit lautsprechenden Mikrophonen, jedoch mit gewöhnlichen Hörern ausgerüstet. Das Mikrophon ist aus Aluminium hergestellt und enthält eine Kohlenelektrode mit sechs hochglanzpolierten napfartigen Vertiefungen, die mit kleinen Kohlenhohlkugeln von 0,8 bis 1,6 mm Durchmesser in ausreichender Anzahl gefüllt sind und mit einem auf Hochglanz polierten Diaphragma Kontakt machen. Die Empfänger sind doppelpolig gebaut, haben ein kräftiges magnetisches Magazin und sind mit Lautstärkereglern ausgestattet. — Über den Lautfernsprecher im Dienste der Bühne berichtet G. Quaink[42]).

Schotte[43]) erörtert an Hand der bestehenden Bestimmungen über die Anforderungen, die in technischer Hinsicht an Nebenanschlüsse zu stellen sind, die von der Privatindustrie hergestellt werden.

Schmidt[44]) berichtet über die Fortschritte des neuerdings zu hervorragender Bedeutung gelangten Militärfernsprechwesens und beschreibt unter anderem die hier gebräuchlichen Apparate.

Umfang des Fernsprechverkehrs.

Boas[45]) gibt einen geschichtlichen Überblick über die Entwicklung des Fernsprechwesens in den Hauptverkehrsländern. — Das Statistische Bureau der American Telephone and Telegraph Co.[46]) bringt eine Zusammenstellung über den Umfang der Fernsprecheinrichtungen in den einzelnen Ländern nach dem Stande vom 1. Januar 1913. — In Konstantinopel ist am 1. März 1914 ein Fernsprechnetz mit Vermittlungsanstalten in Stambul, Pera und Kadiköi in Betrieb genommen worden. Bau und Betrieb liegt in den Händen einer englisch-französisch-amerikanischen Unternehmergruppe[47]). — El. World bringt den Jahresbericht der Bell-Gesellschaft und eine Übersicht über den Umfang des Sprechverkehrs in den Vereinigten Staaten[48]). — Großmann[49]) berichtet über die Entwicklung des Fernsprechverkehrs im oberschlesischen Industriebezirk. — Der englische General-Postmeister berichtet über die Entwicklung des Fernsprechverkehrs in England[50]). Von Interesse sind die Angaben über die Verlegung von Fernsprechkabeln zwischen London und Birmingham, Liverpool, Brighton u. a. m., über die Auslegung des englisch-irischen Unterseekabels, über die Gebührenermäßigung im englisch-französischen Sprechverkehr, über die Eröffnung des Fernverkehrs zwischen London und Basel, Genf, Lausanne, über die Einrichtung automatischer Ämter in Newport, Darlington, Hereford und über die Versuche mit kleinen automatischen Landzentralen.

[1]) R. Hartz, Telegr. u. Fernspr.-Technik Jg. 3, S 37. — [2]) Pinkert, ETZ 1914, S 1103, 1114. — [3]) Aitken, Telephone Engineer Bd 12, S 15; Electr. (Ldn.) Bd 72, S 856; Bd 73, S 488. — [4]) Baumann, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 695. — [5]) v. Linstow, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 847. — [6]) Fowle, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1063; Disk. S 1896; Electr. (Ldn.) Bd 73, S 833; Telephone Engineer Bd 12, S 7. — [7]) Dohmen, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg. 3, S 147. — [8]) Turner, Telephony Bd 11, S 39. — [9]) W. D. Scott u. Nock, Telephony Bd 12, S 269. — [10]) J. Télégr. 1914, S 48. — [11]) Kruckow, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg. 3, S 1, 25, 43, 51, 63, 78. — [12]) Stöckel, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg. 3, S 177. — [13]) Steidle, ETZ 1914, S 902, 932, 955. — [14]) Schreiber, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg. 3, S 165. — [15]) Hedley, Post Office El. Eng. Jl. Bd 7, Teil 2, S 113. — [16]) Green, Electr. (Ldn.) Bd 74, S 390. — [17]) (Betulander), Telephone Engineer Bd 12, S 65; Electr. (Ldn.) Bd 73, S 567. — [18]) Stanley R. Edwards, Telephony Bd 67, S 19. — [19]) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 850; El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 344. — [20]) Lubberger, ETZ 1914, S 773. — [21]) Campbell, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 429; Disk. S 1177; Telephone Engineer Bd 11, S 231. — [22]) Schreiber, ETZ 1914, S 232, 255, 326, 389; El. World Bd 63, S 649. — [23]) Hartz, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg. 3, S 153. — [24]) Arch. Post Telegr. 1914, S 357. — [25]) Petritsch, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg. 3, S 213. — [26]) Telephone Engineer Bd 13, S 53; El. World Bd 65, S 279; Grissinger, Telephony Bd 68, S 35. — [27]) ETZ 1914, S 452; Wittiber, Arch. Post u. Telegr. 1914, S 501. — [28]) Lee de Forest, Telephony Bd 11, S 33; JB drahtl. Telegr. Bd 9, S 383. — [29]) Telephony Bd 66, S 33. — [30]) Shreeve, USP 1074298, Telephony Bd 12, S 90. — [31]) Currier, Telephony Bd 11, S 85. — [32]) Gherardi, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 697. — [33]) Cohen, Post Office El. Eng. Jl. Bd 7, S 7. — [34]) Hill, Post Office El. Ing. Jl. Bd 7, S 197; Electr. (Ldn.) Bd 73, S 192; Telephone Engineer Bd 11, S 80; El. Masch.-Bau 1914, S 776. — [35]) Schreiber, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg. 2, S 253. — [36]) Teuffert, ETZ 1914, S 9. — [37]) Heidecker, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg. 3, S 189. — [38]) Dohmen, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg. 3, S 2. — [39]) (de Lange), Electr. (Ldn.) Bd 74, S 358. — [40]) Siemens u. Halske, Mitt. S. & H. Jg 1, S 93. — [41]) (Turner), Electr. (Ldn.) Bd 73, S 490. — [42]) Quaink, Helios Fach- u. Exportz. 1914, S 626. — [43]) Schotte, Telegr.- u. Fernspr.-Technik Jg 3, S 101, 117. — [44]) Schmidt, Mitt. S. & H. Jg 1, S 177. — [45]) Boas, Arch. Post u. Telegr. 1914, S 145, 188, 222. — [46]) Am. Teleph. Telegr. Co., Arch. Post u. Telegr. 1914, S 493. — [47]) Arch. Post u. Telegr. 1914, S 206. — [48]) (Bell Teleph. System), El. World Bd 63, S 580, 640. — [49]) Großmann, Telegr. u. Fernspr.-Technik Jg 3, S 89. — [50]) Electr. (Ldn.) Bd 74, S 316.

XII. Elektrisches Signalwesen, elektrische Meß- und Registrierapparate und Uhren.

Eisenbahn-Signalwesen und Zugdienst. Von Oberingenieur Ludw. Kohlfürst, Kaplitz (Böhmen). — Schiffahrts-, Sicherheits- und Betriebssignale. Von Dipl.-Ing. R. Schwenn, Berlin.

Eisenbahn-Signalwesen und Zugdienst.

Von Oberingenieur Ludw. Kohlfürst.

Eisenbahnsignale. Im allgemeinen erweist die Fachliteratur des Jahres 1914 wieder eine lebhafte Weiterentwicklung und reiche Zunahme von Anwendungen elektrischer Eisenbahnsignaleinrichtungen, allein richtunggebende Neuigkeiten treten dabei kaum hervor, wollte man nicht etwa die allerdings sehr bemerkenswerten Bestrebungen der elektrisch betriebenen Eisenbahnen Amerikas dafür gelten lassen, welche dahin gehen, die Signalzeichen auf offenen Strecken bei Tag wie bei Nacht ganz gleich, ähnlich wie auf den Untergrundbahnen oder in Cabsignalanlagen, bloß mittels verschiedenfarbiger Glühlichtlampen darzustellen. Bezügliche Versuche, welche die Pennsylvaniabahn auf dem neuen Bahnhof Newport[1]) anstellte, haben sich bewährt, ebenso wie einschlägige Einführungen auf den Netzen der Union Traction Co., der Illinois-Traction-Co., der Interstate Public Service Co. usw., wo bereits die ganze Signalisierung auch bei Tag nur mit elektrischen Lichtsignalen durchgeführt wird. Die Frage der Zulässigkeit und Verwendbarkeit solcher Einrichtungen bildete den Hauptgegenstand einer am 17. März 1914 in Chicago abgehaltenen Sitzung des ständigen Blocksignal-Ausschusses der American Electric Railway-Engineering- and Transportation- and Traffic-Association, bei welcher Gelegenheit diese Art der Zeichengebung[2]) — die übrigens auch bei mehreren Vorort- und Stadtbahnen Deutschlands[3]) angewendet und auf der Barmen-Elberfelder Schwebebahn durch F. Natalis schon seit 15 Jahren mit bestem Erfolg eingeführt ist — nach eingehenden Erwägungen für Bahnen mit nicht allzu großen Zuggeschwindigkeiten als entschieden brauchbar und zulässig erklärt wurde. Der Bundesstaat New Jersey der U.S.A., wo die vor einigen Jahren aufgestellte Bestimmung betreffs Beseitigung sämtlicher zwischen Bahngleisen und Straßen in Schienenhöhe liegender Kreuzungen sich als undurchführbar erwiesen hatte, wurde das betreffende Gesetz[4]) dahin geändert, daß alle solche Eisenbahnüberwege entweder mit selbsttätigen Schranken oder Schrankenwärtern versehen oder durch besondere Warnungssignale, für welche die Genehmigung der Regierung einzuholen ist, geschützt werden müssen. Einschlägige sowohl für elektrische als für Dampfbahnen bestimmte selbsttätige Überwegsignale baut u. a. The Automatic Flagman Co.; es sind das nämlich der Straße zugekehrte, auch bei Tag rotbeleuchtete, pendelförmig aufgehängte, mit einem kräftigen Läutewerk verbundene Scheiben[5]), die mit Hilfe von Relais und Streckenstromschließern von einem Elektromotor in Schwingung bzw. in Tätigkeit versetzt werden, sobald die Züge sich dem Überweg auf bestimmte Entfernung nähern. G. Schmidt beschreibt von Siemens & Halske erstellte Zuganzeiger[6]) des Bahnhofes Niederschöneweide-Johannisthal, wo nach 13 verschiedenen Endzielen Züge durchlaufen und dieses Ziel vor jeder Zugabfahrt den Reisenden am Bahnsteig durch Aufschriftentafeln bekanntgegeben wird. Das Aushängen und Einholen der Tafeln besorgt ein Stationsbediensteter gemäß den Aufträgen des Fahrdienstleiters, welcher dieselben mittels einer elektrischen, nach Art der Siemensschen Bordtelegraphen für Schiffe angeordneten Zeigerscheibe erteilt. Zuganzeiger gleichen Zweckes, welche jedoch mittels transparenter, elektrisch beleuchteter Bahnsteigtafeln die Richtung der jeweilig abzufertigenden Züge den Reisenden unmittelbar angeben und von den Stellwerksbeamten unter Verwendung ganz eigentümlicher, halb selbst-

tätiger Geber gelenkt werden, sind bekanntlich auf allen großen Stationen der Londoner Untergrundbahnen vorhanden. Laufenden Jahres wurde nun auch die Station Bakerstreet[7]) der Londoner Metropolitan-Eisenbahn mit einer solchen Einrichtung ausgestattet, die an drei Bahnhofstellen gleichzeitig die Richtung des zuvörderst abgehenden, dann jene des nächsten und des zweitnächsten Folgezuges fortlaufend anzeigt. Die Londoner Metropolitan- und Zentral-Bahn verwendet neuestens an den Haltestellen angebrachte Dalettsche elektrische Uhren[8]), um den nachfolgenden Zügen genau ersehen zu lassen, wann der letzte vorausfahrende Zug an der Stelle vorübergekommen ist, wodurch die Führer instand gesetzt werden, ihre Fahrt den Umständen anzupassen und namentlich den durch Stehenbleiben vor Haltsignalen erwachsenden Verzögerungen vorzubeugen und dadurch also auch Strom zu ersparen. Diese Uhren sind nach Befinden mit elektrischen Registriervorrichtungen verbunden.

Verkehr mit dem fahrenden Zug. Zunächst und vorwiegend kommen da Vorrichtungen in Betracht, welche das Überfahren von Haltsignalen zu verhüten haben, sei es mittelbar oder unmittelbar. Als erstere benutzten u. a. die preußisch-hessischen Staatsbahnen elektrisch selbsttätige Registrierer[9]), die nebst einem Wecker ausgelöst werden, sobald ein Zug einen beim Einfahrtsignal ins Gleis gelegten Stromschließer während der Haltlage des Signals überfährt. Außerdem werden in Preußen laut eines von Hoogen im Arbeitsministerium gehaltenen Vortrages[10]) noch immer mit den unmittelbar wirkenden Vorrichtungen von Van Bram (Maschinenfabrik Bruchsal), Siemens & Halske (Berlin), Stahmer (Georgshütte) und Kramer (C. Lorenz, Berlin) Versuche angestellt. Mit der letztgenannten drahtlosen Anordnung verwandt ist die Bauart Wirth[11]), welche in Bayern erprobt wird und sich dadurch unterscheidet, daß die längs der Bahn laufende Fernsprechleitung zugleich als Sendeantenne dient. In Frankreich, wo das Ministerium der öffentlichen Arbeiten seinen Erlaß von 1885 wegen Einführung von Fernbremsen oder ähnlichen Verschärfungsmitteln des Haltsignals im Jahre 1914 eindringlichst[12]) wiederholte, schlug Soulier[13]) vor, bei jedem Zug den Dienstwagen elektrisch zu beleuchten und die betreffende Einrichtung zum Betriebe einer Fernbremse derart mitzubenutzen, daß ein Teil des Leuchtstromes beim Überfahren des Haltsignals in ein Solenoid abgezweigt wird, dessen Anker die Zugsbremse auslöst. Drahtlose Anordnung nach Art der Kramerschen mit besonderen, zwischen den Schienen des Gleises errichteten Leitungen als Gebeantennen und einer am Unterteil der Lokomotiven angebrachten Empfangsantenne wird auch auf der South Western Railway[14]) in England versucht. Am weitesten ist jedoch der funkentelegraphische Verkehr zwischen den Stationen und den fahrenden Zügen in Amerika u. a. auf der Delaware-Lackawanna- und Western-Eisenbahn[15]) gediehen, wo diese Anlage nicht bloß zum Austausch von Signalen oder Dienstnachrichten dient, sondern auch zum Absetzen von Depeschen der Reisenden benutzt werden kann.

Blockeinrichtungen. Nach Becker werden neuere Siemens & Halskesche Streckenstromschließer behufs erleichterter Kontrolle und Regelung der Quecksilberfüllung mit Prüfungsstiften[16]) versehen und haben die Tastersperr- und Gleichstromblockfelder[17]) derselben Firma durch genaue Ausmittlung der besten Ankerlage sowie der günstigsten Länge und Spannung der Abreißfedern Verbesserungen erfahren. Auch benutzt man in Verbindung mit solchen Blockfeldern nach Art der Rückmelder arbeitende Scheibchensignale[18]) (Gleichstrom-Spiegelfelder) für Nebenbefehlsstellen. In einem eingehenden Berichte über die selbsttätigen Blocksignale des Pariser Metropolitain bezeichnet Reuleaux[19]) dieselben einfacher als jene der neuerrichteten Pariser Nordsüdbahnanlage, wogegen sich die letzteren bei Betriebsstörungen günstiger als die ersteren erweisen. Wohl zufolge der von Kemmann auf der Berliner Hoch- und Untergrundbahn mit den von Brown[20]) vervollkommneten Westinghouseschen selbsttätigen Blockeinrichtungen im allgemeinen und mit dem Gleisstrombetrieb im besonderen erzielten Erfolge, die er in einer lehrreichen Denkschrift[21]) dar-

gelegt hat, fand sich der Magistrat in Berlin bestimmt, unter Aufwendung von 409000 M Mehrkosten das genannte System der Hoch- und Untergrundbahn nun auch auf der städtischen Nordsüdbahn[22]) durchzuführen. Aus einem Anzeigeheft der United States Steel Products Company geht hervor, daß ihre Werke neuestens stählerne Querschwellen[23]) auch für solche elektrische Bahnen liefern, auf welchen Gleisstrom-Signalanlagen eingerichtet werden sollen, wofür man bisher metallische Schwellen als durchaus unverwendbar gehalten hatte. Die amerikanische Signalindustrie bringt trotz der anscheinend ganz ernsten Vereinheitlichungsbestrebungen der Eisenbahnen, namentlich für die Fern-, Stadt- und Straßenbahnen, immer wieder neue Anordnungen[24]) auf den Markt, während auch die älteren Blocksignalsysteme ebenso stetig mehr oder minder wertvolle Vervollkommnungen erfahren. Bemerkenswert ist die wohlbedachte Regelung des diesfälligen Unterhaltungsdienstes[25]) bei den amerikanischen Eisenbahnen. Die australische Regierung beabsichtigt, auf den Vorortstrecken von Melbourne[26]) den elektrischen Betrieb sowie selbsttätige Blocksignale einzurichten, und hat aus diesem Anlaß eine Studienkommission nach Amerika und Europa entsendet. Elektrisch selbsttätige Blockanlagen für Straßen- und Kleinbahnen in Deutschland[27]) sowie Mitteleuropa überhaupt werden vorwiegend von den Siemens-Schuckertwerken und der Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft, endlich ausnahmsweise wohl auch, wie z. B. auf den Kölner Vorortbahnen[28]), durch die eigene Verwaltung erstellt.

Weichenstellwerke. In Amerika ist die Errichtung elektrischer und namentlich elektrisch-pneumatischer Signal- und Weichenstellwerke[29]) in steter Ausbreitung begriffen, sowie eigentlich überall, wo immer der Verkehr sich verdichtet und die Fahrgeschwindigkeiten zunehmen. Zu den nennenswerteren Anlagen dieser Art zählt u. a. das 1914 von der Federal Signal Co. für die New Yorker Zentralbahn eingerichtete, reinelektrische, 80 Hebel umfassende Stellwerk der Ablenkungsstelle Rome, wo die vier von Albany kommenden Gleise sich in die sechs nach Buffalo weiterlaufenden Gleise verzweigen. In Deutschland wurde, wie Scheibner[30]) berichtet, das Westinghousesche Druckluftstellwerk mit elektrischer Steuerung namentlich durch Stahmer den deutschen Bestimmungen angepaßt und dabei auch noch nach mehrfachen Richtungen weiter ausgestaltet, so daß derzeit drei Abarten bestehen, nämlich die Stahmersche, die nur wenig davon abweichende der Bruchsaler Maschinenfabrik und jene von Scheidt & Bachmann. Anlagen nach den beiden erstgenannten Bauarten sind auch auf mehreren großen Bahnhöfen der ungarischen Staatsbahnen und der Kaschau-Oderberger Bahn[31]) eingerichtet worden oder in Einrichtung begriffen. Rein elektrische Stellwerke der AEG[32]) lassen durch weitgehende Verwendung von Solenoiden an Stelle von Motoren oder Elektromagneten wirtschaftliche Vorteile erzielen. Auch für die russischen Staatsbahnen[33]) waren 1914 große Sicherungsanlagen in Aussicht genommen und dafür 1250 Mill. Rubel vorgesehen; was die Stellwerke anbelangt, so sollten beiläufig 6000 Weichen auf 160 großen Stationen und 9600 Weichen auf 1300 kleinen Stationen zentralisiert und gesichert werden.

Zugabfertigung durch Fernsprecher. M. H. Clapp[34]) erklärt in eingehenden Darlegungen die Fernsprecher überall, wo nicht allzu große Entfernungen in Betracht kommen, als das zweckdienstliche Verständigungsmittel für die Eisenbahnen und daß sich namentlich die Zugabfertigungen um 10 bis 20% rascher abwickeln lassen als mit Telegraphen. In den mit Funkenstationen ausgerüsteten Hauptbahnhöfen Scranton und Birmingham (St. New York) der Delaware-Lackawanna- und Western-Bahn[35]) strebt man danach, den Dispatcherdienst im unmittelbaren drahtlosen Fernsprechverkehr mit den fahrenden oder haltenden Zügen durchzuführen, was sich als möglich erwiesen haben soll, jedoch vorläufig bloß versuchsweise geübt wird.

[1]) Harrinton, The Sign. Engineer 1914, Bd 7, S 97, 127. — [2]) El. Kraftbetr. 1914, S 356; El. Rlwy. Jl. 1914, Bd 43, S 879. — [3]) El. Kraftbetr. 1914, S 355. — [4]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1914, S 821. — [5]) ETZ 1914, S 917. — [6]) Schmidt

ETZ 1914, S 1014. — [7]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1914, S 485. — [8]) Kohlfürst, El. Kraftbetr. 1914, S 169. — [9]) Becker, Org. f. Fortschr. d. Eisenbahnw 1914, S 174. — [10]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1914, S 419. — [11]) Böttinger, El. Masch.-Bau 1914, S 686. — [12]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1914, S 760. — [13]) Soulier, L'Industrie Elect. 1913, Bd 22, S 524; El. Masch.-Bau 1914, S 84. — [14]) ETZ 1914, S 98; Engineering Bd 97, S 371. — [15]) Hogar, El. World Bd 63, S 89; El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 475; Electr. (Ldn.) Bd 73, S 311, 887. - [16]) Becker, El. Masch.-Bau 1914, S 173. — [17]) Becker, Org. f. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1914, S 265. — [18]) Becker, Org. f. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1914, S 284. — [19]) Reuleaux, ETZ 1914, S 711. — [20]) Electr. (Ldn,) Bd 73, S 12; Brown, Jl. Inst. El. Eng. Bd 52, S 545; El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 694 u. Electr. (Ldn.) Bd 72, S 1068. — [21]) Kemmann, Vorstudien zur Einführung des selbsttätigen Signalsystems auf der Berliner Hoch- und Untergrundbahn, Berlin 1914, Sonderdruck nach ETZ 1914, S 141, 181, 207, 238, 296, 334, 353, 764; Pfeil, S 761. — [22]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1914, S 1184. — [23]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1914, S 1202. — [24]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 92, 198; Bd 44, S 564, 766; Jacobs, El. World Bd 63, S 55. — [25]) El. Rlwy. Jl. Bd 43, S 660, 1070; Bd 44, S 1010. — [26]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1914, S 46. — [27]) Kohlfürst, El. Kraftbetr. 1914, S 347, 368. — [28]) Kaiser, Festschrift der Kölner Eisenbahnen 1914, S 196. — [29]) Railway Age Gaz. Bd 56, S 473; ETZ 1914, S 422; Jacobs, Gen. El. Rev. 1914, S 990, 1214. — [30]) Scheibner, ETZ 1914, S 1094. — [31]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenbahn-Verw. 1914, S 802. — [32]) Kohlfürst, Rigasche Industr.-Ztg. 1914, S 49, 65, 81. — [33]) ETZ 1914, S 127. — [34]) Clapp, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 409, 1177. — El. World Bd 63, S 649; Electr. (Ldn.) Bd 74, S 114. — [35]) Ztg. Ver. dtsch. Eisenb.-Verw. 1914, S 345.

Schiffahrts-, Sicherheits- und Betriebssignale.

Von Dipl.-Ing. R. Schwenn.

Wasser- und Luftschiffahrt. Die Überlegenheit der drahtlosen Telegraphie gegenüber Schallsignalen und die Möglichkeit der Entfernungsbestimmung durch gleichzeitige Anwendung beider ist für die Küstenschiffahrt durch Versuche[1]) erwiesen. Das Observatorium in Lindenberg[2]) signalisiert Luftschiffen durch Funkensignale, Gewitter, Böen, Nebel, Niederschläge und die Nähe gefährlicher Halteseile von Drachen und Ballons. Für Lichtsignale[3])[4]) bot die Elektrizität das Mittel zu einer gewaltigen Steigerung der Leuchtkraft (Flugplatz Weimar: 27,2 Mill. HK). Klebert[5]) hat ausführlich über die Mittel der Leuchttechnik berichtet. Als Hilfsmittel zur Vervollkommnung der Schallsignale ist ein Oszillator[6])[7]) und eine akustisch verstärkte Funkenstrecke[8]) angegeben. Bei Hafeneinfahrten werden Nebelglocken neuerdings, wie bei Stolpmünde und Kolberg, durch Motorsirenen ersetzt.

Feueralarm. Das teure Leitungsnetz städtischer Feuermeldeanlagen wird neuerdings vorteilhaft gleichzeitig zur Einschaltung von elektrischen (sympathischen) Uhren verwendet. Zweckmäßige Ausgestaltung der Zentraleinrichtung schließt gegenseitige Störungen aus. Die erste nach diesem System von Siemens & Halske ausgeführte Anlage befindet sich in der Stadt Aachen.

Die automatischen Feuermelder[9]) haben eine weitere Verbreitung und wesentliche Verbesserungen erfahren; Feuerversicherungsgesellschaften gewähren bei Verwendung solcher von den Firmen Siemens & Halske oder Schöppe ausgeführten Melderanlagen Prämiennachlaß. Über neuerdings verwendete selbsttätige Löscheinrichtungen[10]) mittels Kohlensäure-Entwicklungsapparaten wurde auf dem 18. deutschen Feuerwehrtag[11]) in Leipzig Juli 1913 eingehend berichtet.

Elektrische Uhren und Zeitsignale. Mit Ende 1914 lief die fünfjährige Garantiefrist für die Zentraluhrenanlage[12]) der Stadt Charlottenburg ab. An Neuerungen sind dabei erprobt dauernde Erdschlußkontrolle, gleichzeitiger Transport der Uhren in allen angeschlossenen Linien, Beseitigung der Selbstinduktionswirkung innerhalb der Uhrenlinien durch besondere Schaltung, Rückkontrolle der angeschlossenen Uhren und ihre Registrierung ohne besondere Leitung, Verwendung des Dreileitersystems, Kontrolle über jede auftretende

Leitungsstörung mit Hilfe eines Meßinstrumentes im Nulleiter, neuartige Aufzeichnung der Sternwartenzeit, welche auf Zehntelsekunden genau abgelesen wird. Die beobachteten Abweichungen gegen die Sternwartenzeit waren, wie garantiert, kleiner als 2 Sekunden. Bei der Central Railway in London und bei der London Electric Railway sind elektrische Uhren nach dem Dalettschen Kontrollsystem[13]) in Anwendung. Funkentelegraphische Zeit- und Wettersignale[14])[15]) werden z. B. vom Eiffelturm aus gegeben und sind verschiedentlich auch zur geographischen Längenbestimmung[16])[17]) ausgenutzt worden. Die Telefunkengesellschaft hat in mehreren Städten Zeitsignalempfangsanlagen[18]) errichtet.

Befehlsübertragung und Fernmeldevorrichtungen. Für die Vermittelung von betriebsmäßig sich regelmäßig wiederholenden typischen Signalen überwiegen die Wechselstromsysteme. Der weitverbreitete Wechselstrom-Kommandoapparat von Siemens & Halske ist neuerdings auf dem „Imperator"[19]) verwendet. Dieser Schnelldampfer der Hamburg-Amerika-Linie ist ein typisches Beispiel für die vielseitige Ausgestaltung der Schwachstromanlagen an Bord großer moderner Schiffe. Als zweites Beispiel sei das argentinische Schlachtschiff „Moreno"[20]) genannt. Die von der AEG durchgebildeten Wechselstrom-Kommandoapparate mit Differentialtriebsystem beschreibt Müller[21]) in einem Aufsatze über die Anwendung der Elektrizität auf Handelsschiffen. Beckmann schlägt ein weiteres Wechselstrom-Fernzeigesystem[22]) vor, über dessen praktische Bewährung bisher nichts bekannt geworden ist.

Das Wechselstromsystem wird ferner verwendet beim elektrischen Schußanzeiger für Schießstände[23])[24]) und im Bahnhofsbetriebe beim Fahrtrichtungsweiser[25]), wo elektrische Fahrtrichtungs- und Zugankunftsmelder[26]) noch nicht vorhanden sind. In Grubensignalanlagen schließt die Verwendung des Wechselstromes[27]) Störungen durch Elektrolyse aus. Über sonstige Störungsursachen und ihre Verhinderung berichtet Kliver[28]). Zu Untersuchungen über die Möglichkeit einer gefährlichen Funkenbildung durch die Signalanlage hat eine Explosion in der Senghenidd Colliery, Glamorgan[29]), Anlaß gegeben. Götz[30]) beschreibt eine Doppel-Schachtsignalanlage der Gewerkschaft Bartensleben mit akustischer und optischer Signalgabe nebst selbsttätiger Registrierung.

Um Zeit zu sparen und Irrtümer zu vermeiden, versucht man, sich der Elektrizität bei der Abstimmung in Parlamenten[31]) zu bedienen. Verschiedene Vorschläge nach dieser Richtung[32]) liegen vor. Im Reichstagsgebäude in Berlin ist eine Anwesenheits-Meldevorrichtung in Benutzung. Auch Lautsprecher und Wecker verständigen die Abgeordneten, die den Sitzungssaal verlassen haben, schnell und bequem über alles, was dort Wichtiges vorgeht oder bevorsteht. Für Auktionen ist ein elektrischer Anzeiger der Kaufgebote und des Käufers[33]) vorgeschlagen. Konstruktive Neuerungen an drahtlosen Fernschaltungen bespricht Wolf[34]).

Telephone. Für die Befehlsübermittelung und Verständigung in Betrieben haben die lautsprechenden Telephone einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht. Ihre Anwendung auf Schiffen und im Reichstagsgebäude wurde bereits oben erwähnt. Im Dienste der Bühne[35]) zur Unterstützung des Regisseurs haben sie in eine Reihe großer Theater Eingang gefunden.

Selbsttätige Anzeige- und Meßapparate. Auf dem Gebiete der Messung und selbsttätigen Fernanzeige von Zuständen und Vorgängen an sich nicht elektrischer Natur mit Hilfe der Elektrizität ist neuerdings die außerordentlich umfangreiche und vielseitige Anwendung der elektrischen Temperaturmeßgeräte bemerkenswert und zurückzuführen teils auf die wachsende Erkenntnis der Wichtigkeit der Wärmevorgänge und der Nützlichkeit einer zuverlässigen zentralisierten Temperaturkontrolle, teils auf die Fortschritte in der Herstellung von Meßgeräten, die allen praktischen Anforderungen an Genauigkeit, Haltbarkeit, Einfachheit der Bedienung bei niedrigen Anschaffungskosten genügen. Eine wesentliche, die Verbreitung fördernde Verbilligung der thermoelektrischen Pyrometer erzielte man für Temperaturen bis 1000^0 C und darüber durch den

Ersatz der edlen Metalle (Platin, Platinrhodium, Platiniridium) durch unedle (z. B. Kupfer, Eisen, Nickel, Konstantan und andere Legierungen), unterstützt durch die technischen Fortschritte in der Reindarstellung von Metallen. Das thermoelektrische Pyrometer ist heutigentags ein unentbehrliches Hilfsmittel für alle Industrien geworden, die mit hohen Temperaturen arbeiten[36]). Für niedrige Temperaturen herrscht das Widerstandsthermometer vor, z. B. in Zentralheizungsanlagen großer Gebäude, in den Kühlanlagen der Schlachthöfe, auf Schiffen der Kriegs- und Handelsmarine, in elektrischen Zentralen zur Kontrolle der Erwärmung von Generatoren und Transformatoren usw. Über große moderne Anlagen solcher Art, z. B. die von Siemens & Halske

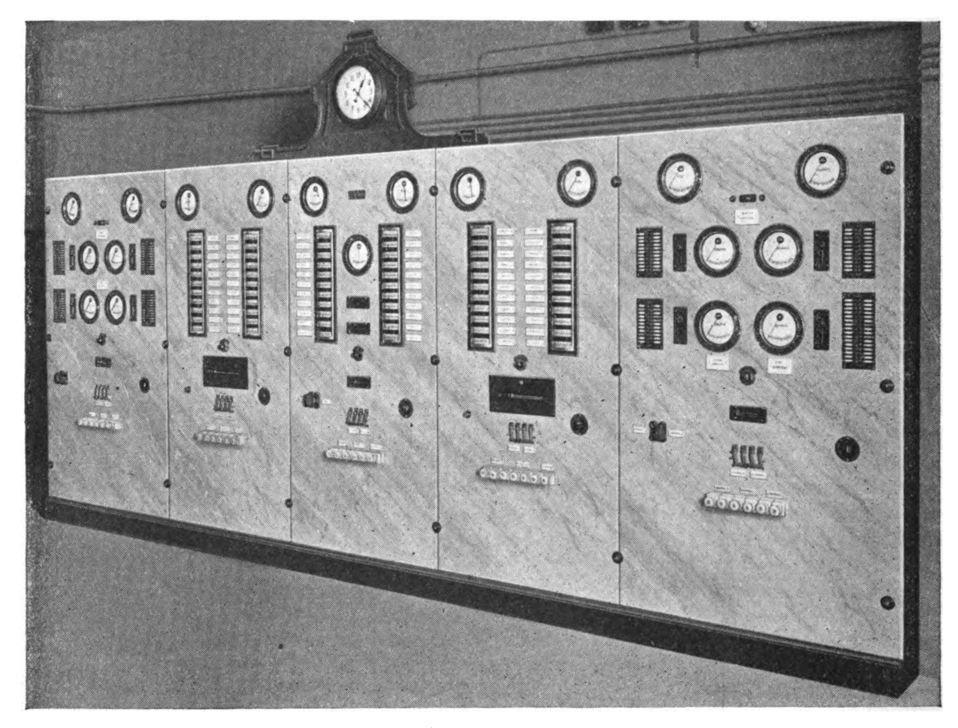


Abb. 15. Schalttafel einer Fernthermometer-Anlage.

ausgeführte Fernthermometer-Anlage im Reichstagsgebäude zu Berlin (s. Abb. 15) und die Anlage des Kaiser-Jubiläumskrankenhauses Wien-Lainz für die Fernmeldung von Temperatur, Dampfdruck und Rohrbrüchen berichten Schwenn[37]) und Goldbacher[38]). Die elektrischen Temperaturmeßgeräte gewinnen einen besonderen Wert, wenn sie, mit Registriervorrichtung versehen, bei wichtigen Wärmevorgängen fortlaufende Aufzeichnungen über den Temperaturverlauf liefern. Darling[39]) behandelt die Anforderungen, die an solche Temperaturregistrierapparate zu stellen sind, unter vorwiegender Berücksichtigung ausländischer Konstruktionen. Bezüglich einzelner Neuerungen aus der Literatur des Berichtsjahres sei verwiesen auf Mitteilungen von Petersen[40]) (Aufzeichnung sehr schnell wechselnder Temperaturen), von Dickinson & Müller[41]) (Normalwiderstandsthermometer) und Neukonstruktionen der Firma Keiser & Schmidt[42]).

Die Theorie der optischen Pyrometer behandelt A. R. Meyer[43]) in einem ausführlichen Aufsatze. Dasjenige nach Holborn und Kurlbaum hat neuerdings konstruktive Verbesserungen erfahren.

Die auf dem Gebiete der elektrischen Temperaturregelung[44]) vorliegenden Patentanmeldungen[45]) zeugen von den nicht immer gleich geschickten Bemühungen der Erfinder nach dieser Richtung. Praktisch gute Erfolge liegen mit den Temperaturreglern von Siemens & Halske auf dem bereits erwähnten „Imperator“[19]) vor.

Schwenn[37]) beschreibt einen neuen Wärmemengenmesser zur Bestimmung der Wärmemenge, die von einer Heiz- oder Kühlflüssigkeit abgegeben bzw. aufgenommen wird.

Über Druckfernmessungen mit Fernthermometern und mit elektrischen Fernzeigevorrichtungen an Federmanometern sowie ähnliche Vorrichtungen zur Fernanzeige der Stellung von Lüftungsklappen und Schiebern ist Näheres den mehrerwähnten Aufsätzen von Goldbacher[38]) und Schwenn[37]) zu entnehmen.

Um den Gasdruck in evakuierten Gefäßen herab bis 10^{-5} mm Hg zu messen, hat die Firma Heraeus ein von Rohn[46]) beschriebenes elektrisches Vakuummeter hergestellt.

An die Genauigkeit der Fernanzeige von Flüssigkeitsniveaus werden besonders seitens der Talsperrenbetriebe höchste Anforderungen gestellt. Lampl[47]) beschreibt den am Panamakanal verwendeten kontinuierlichen Wasserstandsfernzeiger und die von Siemens & Halske derartig verfeinerte stufenweise Anzeige, daß selbst Niveaudifferenzen von 2 mm zuverlässig angezeigt und registriert werden. Andere Neuerungen sind eine Patentanmeldung von Cumbo[48]) und ein Wasserstandsalarmapparat von Koepsel[49]).

Strong[50]) hat die Beobachtung, daß die bei der Feuerung gebildeten Ionen ihre elektrische Ladung an Staub- und Rußteilchen abgeben, für einen Rauchanzeiger verwertet.

Zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit von Dämpfen und Gasen[51]) bestimmt man diejenige elektrische Energiemenge, die zwischen zwei Stellen in einem Rohre zugeführt werden muß, um zwischen jenen eine bestimmte Temperatur konstant zu erhalten. Bei einer Modifikation dieses Prinzips[52]) wird die zugeführte Energie konstant gehalten und die veränderliche Temperatur gemessen. Auf ähnlichen Meßmethoden beruhen die neueren Apparate zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit[53]), unter denen der vollkommenste, derjenige von Gerdien[54]), die Windgeschwindigkeit bezüglich Horizontal-, Vertikalkomponente und Windrichtung in jedem Moment abzulesen und aufzuzeichnen gestattet. Für die Messung der Windrichtung allein genügen vielfach bereits einfachere, an Wetterfahnen angebrachte elektrische Vorrichtungen[55]).

Gewittersturmanzeiger[56]) mit einem Fritter sind in Amerika erprobt worden.

Zum Messen der Fahrgeschwindigkeit eines Schiffes[57]) wird durch den Gegendruck des vom Schiff verdrängten Wassers eine Turbine betrieben und mit einem kleinen elektrischen Generator gekuppelt.

Die elektrischen Prüfmethoden zur Bestimmung der Verunreinigung von Wasser beruhen auf der Messung der Leitfähigkeit. Lampl[58]) beschreibt einen sog. Dionic-Wasserprüfer. Die Überwachung der Verunreinigung von Flußwässern durch Industrieabwässer wird neuerdings in größerem Umfange mit Registrierinstrumenten von Siemens & Halske durchgeführt. Die Einzelheiten der Methode und ihr Wert sind seinerzeit von Spitta und Pleißner[59]) eingehend besprochen worden.

Die Feststellung des Gehaltes der Luft an Methan und anderen brennbaren Gasen[60]) beschäftigt fortgesetzt die Erfinder, ohne daß bisher irgendeiner der vorgeschlagenen Apparate, die sämtlich auf der bekannten katalytischen Wirkung des Platins beruhen, in die Praxis eingedrungen ist.

Eine Vorrichtung zum Messen der Mündungsleistung von Feuerwaffen[61]), ein Leistungszeiger für Kolbenkraftmaschinen[62]), eine elektrische Vorrichtung zum Messen von Kräften[63]), eine Registriervorrichtung zum Aufzeichnen der Ausnutzung von Druckmaschinen[64]) und schließlich eine Geldsortier- und Zählmaschine[65]) seien erwähnt.

Leitungen. Bei der Ausführung elektrischer Fernmeldeanlagen ist leider bisher sehr viel gesündigt worden, indem die Leitungsnetze hinsichtlich der Qualität ihrer Isolierung oftmals viel zu wünschen übrig ließen. Unter solchen Umständen ist es als ein erfreulicher Fortschritt zu begrüßen, daß, ähnlich wie für die Starkstromanlagen schon lange die Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker bestehen, im Berichtsjahre nunmehr auch Normalien für isolierte Leitungen von Fernmeldeanlagen[66]) aufgestellt worden sind, die der Verwendung unsachgemäßer Materialien in Zukunft entgegenzuwirken geeignet sind.

[1]) ETZ 1914, S 998. — [2]) ETZ 1914, S 303. — [3]) El. Rev. (Ldn.) Bd 75, S 169. — [4]) ETZ 1914, S 452. — [5]) Klebert, ETZ 1914, S 266. — [6]) ETZ 1914, S 1131. — [7]) Blake, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 1569. — [8]) ETZ 1914, S 655. — [9]) Ambrosius, Helios Exportz. 1914, S 197, 261. — [10]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 1077. — [11]) Verhandl.-Ber. über d. 18. deutschen Feuerwehrtag in Leipzig, Juli 1913. — [12]) Uhrland, Deutsche Uhrmacherztg. 1911, S 22, 54, 93. — [13]) Lum. él. R 2, Bd 25, S 210. — [14]) ETZ 1914, S 423, 536. — [15]) Holub, El. Masch.-Bau 1914, S 698. — [16]) ETZ 1914, S 98. — [17]) Cassini, Elettr. (Mil.) 1914, S 456. — [18]) ETZ 1914, S 962. — [19]) Druckschr. von S. & H. Wernerwerk. — [20]) Hornor, Proc. Am. Inst. El. Ing. 1914, S 1543. — [21]) Müller, Z. Ver. Dtsch. Ing. 1914, S 954. — [22]) Beckmann, Helios Exportz. 1914, S 1745. — [23]) Schmidt, ETZ 1914, S 1028. — [24]) Quaink, Helios Exportz. 1914, S 1737. — [25]) Schmidt, ETZ 1914, S 1014. — [26]) Nachricht von S. & H. Nr 12 v. 18. 12. 1913. — [27]) El. World Bd 63, S 608. — [28]) Kliver, El. Masch.-Bau 1914, S 361. — [29]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 135. — [30]) Götz, Kali 1913, S 529. — [31]) Helios Exportz. 1914, S 1941. — [32]) El. World Bd 63, S 651. — [33]) Helios Fachz. u. Exportz. 1914, S 627. — [34]) Wolf, Helios Fachz. 1914, S 411. — [35]) Quaink, Helios Fachz. u. Exportz. 1914, S 626. — [36]) Schwenn, Gießereiztg. 1913, Nr 5, 6 u. 7 bzw. S. & H. Druckschrift 173. — [37]) Schwenn, Gesundheitsingenieur 1914, Nr 38 bzw. S. & H. Druckschrift 177. — [38]) Goldbacher, El. Masch.-Bau 1914, S 769, 804. — [39]) Darling, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 357. — [40]) Petersen, ETZ 1914, S 308. — [41]) Dickinson u. Müller, ETZ 1914, S 394. — [42]) Keiser u. Schmidt, Helios Exportz. 1914, S 909. — [43]) A. R. Meyer, Dingl. Polyt. Journ. 1913, S 481, 516, 533. — [44]) El. Rev. (Ldn.) Bd 74, S 131. — [45]) Helios Exportz. 1914, S 990. — [46]) Rohn. ETZ 1914, S 1060. — [47]) Lampl, Helios Fachz. 1914, S 333. — [48]) Cumbo. Helios Fachz. u. Exportz. 1914, S 499. — [49]) Koepsel, Dingl. Polyt. Journ. 1914, S 179. — [50]) Strong, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 353. — [51]) Helios Fachz. u. Exportz. 1914, S 467. — [52]) Helios Fachz. u. Exportz. 1914, S 648. — [53]) ETZ 1914, S 99. — [54]) Gerdien, ETZ 1914, S 283. — [55]) El. World Bd 64, S 94. — [56]) ETZ 1914, S 1120. — [57]) Helios Fachz. u. Exportz. 1914, S 535. — [58]) Lampl, Helios Fachz. u. Exportz. 1914, S 387. — [59]) Spitta u. Pleißner, Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamt 1909, S 463, 483. — [60]) ETZ 1914, S 1031; Helios Exportz. 1914, S 516, 920, 2063. — [61]) Helios Exportz. 1914, S 1120. — [62]) Helios Fachz. 1914, S 143. — [63]) Helios Fachz. u. Exportz. 1914, S 564. — [64]) Electr. (Ldn.) Bd 73, S 279. — [65]) Helios Exportz. 1914, S 1053. — [66]) ETZ 1914, S 164, 249, 486, 540.

D. Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen.

XIII. Elektrische Meßkunde.

Einheiten, Normalmaße. Von Ingenieur Konrad Gruhn, Frankfurt a. M. — Messung von Strom, Spannung, Leistung, Phase und Frequenz. Von Ingenieur Konrad Gruhn, Frankfurt a. M. — Messung des Verbrauchs. Elektrizitätszähler. Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger, Nürnberg. — Messung des Widerstandes, der Kapazität, der Induktivität. Von Prof. Dr. Herbert Hausrath, Karlsruhe.

Einheiten, Normalmaße.

Von Ingenieur Konrad Gruhn.

Formel- und Einheitszeichen. Der Ausschuß für Einheiten und Formelzeichen hat eine erweiterte Liste der festgelegten Formel- und Einheitszeichen veröffentlicht[1]).

Voltameter. Die Arbeiten des Bureau of Standards[2]) über das Silbervoltameter wurden fortgesetzt. Unter Benutzung der in früheren Mitteilungen von E. B. Rosa, G. W. Vinal und A. S. Mc Daniel niedergelegten Erfahrungen wurde eine möglichst genaue Bestimmung der elektromotorischen Kraft des Weston-Elements bei 20° mit der Tonzellen- und der Smithschen Form des Silbervoltameters durchgeführt. Als Mittel ergibt sich der Wert 1,0827 V. Für den Einfluß der Säure auf die Niederschlagsmenge des Silbers wird eine Formel aufgestellt. Die Obengenannten ziehen den Schluß, daß Seide und Filtrierpapier vermieden werden sollen, daß dagegen die geeignet präparierte Tonzelle ohne Einfluß auf das Silbernitrat ist. Die Vorgänge im Silbervoltameter erweisen sich bei genügender Reinheit der Substanzen als reversibel.

Messung von Strom, Spannung, Leistung, Phase und Frequenz.

Von Ingenieur Konrad Gruhn.

Szilard[3]), ein früherer Assistent der Frau Curie, hat ein neues Elektrometer angegeben. Dasselbe wird von der Société d'Appareils de Mesure in Paris hergestellt und soll vor allem bei Messungen und Untersuchungen von radioaktiven Präparaten usw. Verwendung finden. Das Elektrometer scheint aber infolge seiner einfachen Handhabung auch recht geeignet für den mit physikalischen Meßmethoden nicht allzu vertrauten Arzt. Abb. 16 und 17 lassen das Prinzip des Szilardschen Elektrometers erkennen. Das bewegliche System des Elektrometers besteht im Gegensatz zu dem Aluminium- oder Goldblatt-Saitenelektrometer aus einer sehr feinen, steifen Nadel und einem kreisbogenförmig gebogenen Drahtstück *A*, das sich in das Gebilde *S* hinein-

bewegen kann. Das Gegendrehmoment für die Nadel liefert eine äußerst feine Spiralfeder *R*, die den oberen Drehlagerträger frei umfaßt. Eine Klemme *V* ermöglicht eine Variierung der Gegendrehkraft der Spirale, so daß die Empfindlichkeit des ganzen Systems, wenn nötig, verändert werden kann. Das das bewegliche System beeinflussende Objekt wird durch den bereits erwähnten Quadranten *S* gebildet, der aus je zwei konzentrisch parallel übereinander angeordneten Kreisbogen besteht. Die Aufladung des Sektors *S* erfolgt durch den isoliert durch die Gehäusewand geführten Stab *C*. Die Influenzwirkung des Sektors auf den kreisförmig gebogenen Teil des beweglichen Systems veranlaßt den Ausschlag der Nadel. Die Empfindlichkeit beträgt etwa 5 V für den Teilstrich. 0,05 V können bei Zuhilfenahme einer mikrometrischen Ablesevorrichtung noch geschätzt werden.

Abb. 16 u. 17. Elektrometer von Szilard. (Aus ETZ 1914, S 537, 538.)

Mit der Entwicklung der modernen Hochspannungstechnik wächst auch die Frage nach geeigneten technischen Spannungsmessern, und so ist speziell für die elektrostatischen Hochspannungsinstrumente eine neue Zeit angebrochen. Man erhofft von diesem früher weniger beachteten Typus ganz neue Erfolge.

Während für niedrigere Spannungen Luft das Dielektrikum bildete, kommt man bei sehr hohen Spannungen dabei zu ganz beträchtlichen Abmessungen. Nicht selten treten Glimm- und Büschelentladungen ein. Frei von diesen Übelständen sind diejenigen elektrostatischen Voltmeter für Hochspannung, welche Öl als Dielektrikum verwenden, wie die Konstruktionen nach Westinghouse, Jona, Usatoy und Siemens & Halske. Solche Instrumente scheinen allerdings nur für Wechselstrom gut zu gebrauchen zu sein, da bei einigermaßen hoher Gleichspannung starke Strömungen im Öl auftreten. Außerdem ändert sich die Dielektrizitätskonstante des Öles, so daß öfteres Nacheichender Apparate notwendig erscheint.

In neuerer Zeit ist man nun dazu übergegangen, als Dielektrika komprimierte Gase zu verwenden. Die Durchschlagsfestigkeit komprimierter Gase ist sehr hoch. Nach E. Watson[4]) betrug bei einer Versuchsreihe die beim Überschlag zwischen Metallelektroden auftretende Feldstärke in Luft bei einem Druck von 1, 5, 10 und 15 Atm. entsprechend 50, 170, 310 und 440 kV/cm. Die Dielektrizitätskonstante der Luft ändert sich nur sehr wenig mit dem Druck. Danach erscheint komprimierte Luft ein sehr geeignetes Dielektrikum für Hochspannungsvoltmeter zu sein. Tschernyschoff[5]) beschreibt einen von ihm vor einiger Zeit erbauten, mit Druckluft oder mit komprimierter Kohlensäure (CO_2) bei etwa 10 Atm. gefülltem Spannungszeiger, mit dem im elektrotechnischen Laboratorium des Polytechnikums zu Petersburg absolute Messungen bei 130 kV effektiver Wechselspannung vorgenommen worden sind. Der elektrostatische Apparat war dabei in einem Messingkessel von 24 cm Durchmesser und 35 cm Höhe eingeschlossen und ergab nur geringe Meßfehler von nicht mehr als 0,3%.

C. E. Guye und A. Tcherniavsky[6]) beschreiben ein technisches elektrostatisches Voltmeter für Spannungen bis 100000 V. Das Instrumentsystem

sitzt in einem Bronzegehäuse *b* (Abb. 18) von 24 cm Durchmesser und 14 cm Tiefe, das durch einen Stahldeckel *c* verschlossen ist. Zwischen Deckel und Gehäuse ist ein Kupferring zur Abdichtung eingesetzt. Der Deckel hat 32 cm Durchmesser und 2 cm Dicke und besitzt ein Fenster aus starkem Glas. Das Gehäuse *b* steht mit dem zylindrischen Stahlrohr *g* in Verbindung, welches 45 cm lang ist bei einem Außendurchmesser von 4 cm. Auf den oberen Teil der Röhre wird ein Metallknopf *h* aufgeschraubt, in der sich die Isolierbüchse für den Zuführungsdraht befindet, die so konstruiert ist, daß sie dem Druck im Instrument standhält.

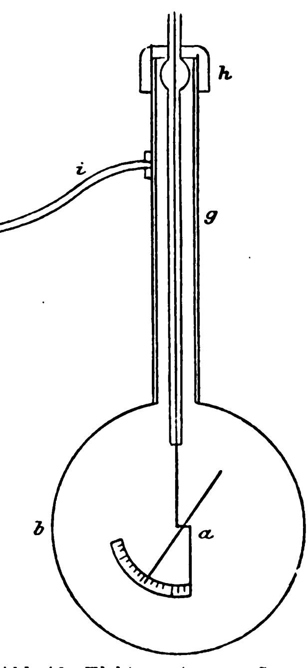


Abb. 18. Elektrometer von Guye und Tscherniavsky (aus Helios, Fach- u. Exportzeitschr. f. Elektrotechnik, Verlag Hochmeister & Thal, Leipzig).

In neuester Zeit hat man auch den elektromagnetischen Instrumenten wieder ein besonderes Interesse zugewendet. Durch Verwendung besonderer Eisensorten ist es gelungen, die Remanenz fast auf Null zu bringen. Solche Instrumente zeigen dann in Gleichstrom eingeschaltet bei ansteigender und abfallender Stromstärke fast gleiche Werte. Ebenso ist die Abhängigkeit von der Frequenz beseitigt, so daß Voltmeter in Grenzen von etwa 15 bis 150, Amperemeter sogar zwischen 15 und 250 Perioden als von der Periodenzahl praktisch unabhängig gelten können. Die Genauigkeit dieses Typs soll auf 0,25 % gesteigert worden sein. Damit wäre man berechtigt, sie den elektrodynamischen Instrumenten an die Seite zu stellen, besonders in Ansehung des Umstandes, daß elektromagnetische Instrumente infolge des völligen Mangels an stromführenden beweglichen Teilen stärkere Überlastungen aushalten als die Elektrodynamometer.

Anschließend möge ein Auszug aus dem Prüfschein der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über ein elektromagnetisches Amperemeter der AEG für 5 A gegeben werden:

Einstellung auf den Teilstrich beziffert mit		Prüfung bei Gleichstrom		Prüfung bei Wechselstrom	
		Gemessener Strom		Gemessener Strom	
		steigend A	sinkend A	25 Per/s A	50 Per/s A
bei kurzer Einschaltung	1	1,02	1,07	1,01	1,01
	1,5	1,51	1,54	1,51	1,51
	2	2,01	2,02	2,00	2,00
	2,5	2,50	2,51	2,49	2,49
	3	3,00	3,00	2,99	2,99
	3,5	3,50	3,49	3,48	3,49
	4	4,00	3,99	3,98	3,98
	4,5	4,50	4,49	4,48	4,48
	5	5,00	—	4,98	4,97
nach einstündiger Einschaltung auf den Teilstrich 5	5	5,00	—	4,98	4,96
	3,5	3,50	3,49	3,48	3,47
	2	2,00	2,02	2,00	2,00

Das ferrodynamische Instrument[7]) wird neuerdings auch als tragbares Doppelwattmeter für Drehstrom mit ungleich belasteten Phasen ausgeführt. Zwei Systeme sind in einem Gehäuse vereinigt, deren Drehmomente wie bei dem rein elektrodynamischen Doppelwattmeter auf eine gemeinsame Achse wirken. Diese Wattmeter werden von der AEG mit einem Strom- und mit 4 Spannungsmeßbereichen ausgeführt, und zwar für direkte Einschaltung bis 200 A und für Spannungen bis 750 V. Die dem ferrodynamischen Typ eigene völlige Einkapselung jedes der beiden Dynamometer schließt beim Doppelwattmeter die gegenseitige Beeinflussung vollständig aus. Das ferrodynamische




Abb. 19. Flachprofilinstrument von Siemens & Halske.


Abb. 20. Schaltpult.

Doppelwattmeter wird von der genannten Firma auch in dem Schalttafeltyp hergestellt, wobei das Instrument, um auf gleiche Bauhöhe zu kommen, teilweise in Tubusform ausgeführt ist.

Neben den üblichen Wattmetern mit zwei im Verhältnis 1:2 stehenden Strommeßbereichen baut die Firma Dr. Th. Horn[8]), Leipzig, eine Spezialausführung, bei der zwei im Verhältnis 1:3 stehende Strommeßbereiche durch Stecken zweier Stöpsel umgeschaltet werden und eine solche mit drei im Verhältnis 1:2:4 stehenden Meßbereichen, bei der zwecks Umschaltung nur 2 bis 4 Stöpsel erforderlich sind.

Interessant ist eine neuartige Meßinstrumentenform, welche Siemens & Halske[9]) besonders für Schaltpulte in den Handel bringt: das Flachprofilinstrument (Abb. 19), bei dem sich der Zeiger vermittelst eines Ellipsenlenkers über einer völlig ebenen Skala bewegt. Dadurch fällt die lästige Gehäuseverstellung der Kreisprofilinstrumente, die oftmals auch infolge unvorsichtiger Handhabung Beschädigungen des Meßsystems verursacht, fort. Gleichzeitig gewinnen die Schaltpulte an gefälligem Aussehen (Abb. 20) und werden verbilligt durch die Möglichkeit leichterer Bauart. Die Flachprofilinstrumente werden von der genannten Firma für alle in Schaltanlagen vorkommenden Messungen ausgeführt, und zwar als Strom- und Spannungszeiger für Gleichstrom mit Drehspulensystem, Gleichstromleistungsmesser mit eisengeschlossenem elektro-

dynamischem System (das sog. ferrodynamische Instrument), Strom- und Spannungszeiger für Wechselstrom mit Weicheisensystem. Die Leistungszeiger für Wechselstrom besitzen ebenfalls ein eisengeschlossenes elektrodynamisches System, wobei die Unterbringung von zwei oder drei Meßsystemen in dem schmalen Gehäuse für Drehstrommessungen vermöge einer Bandkupplung bewirkt ist (D. R. P. Nr. 256447). Der Phasenmesser (Leistungsfaktormesser) enthält ein Kreuzspulensystem mit Eisenschluß. In der gleichen Profilform werden auch Einfach- und Doppelfrequenzmesser sowie Doppelvoltmeter für das Parallelschalten von Wechselstrommaschinen ausgeführt.

Ein Verfasser, der sich mit H. M. unterzeichnet, bespricht in recht einfacher Weise ganz nett den Zweck moderner Registrierinstrumente[10]). Einen Irrtum stellt aber die folgende, in der Arbeit enthaltene Behauptung dar und die Folgerungen, welche der Verfasser daraus zieht: „Die Planimetrierung ist beim bogenförmigen Koordinatensystem in genau gleicher Weise möglich wie bei geradlinigen Koordinaten. Es ist hierzu jedes der gebräuchlichen Planimetersysteme verwendbar.« Wäre das so, so würden sich die größeren Firmen, wie Hartmann & Braun, Siemens & Halske u. a., nicht seit Jahren mit der Herstellung von Registrierinstrumenten mit geradlinigen Koordinaten befassen.

Von Jahr zu Jahr nimmt das Bedürfnis nach direkt zeigenden Phasenmessern zu. Schalkhammer[11]) weist in einem hübschen Aufsatz auf die Bedeutung solcher Apparate hin. Er gibt zunächst verschiedene Autoren an, welche die Zweckmäßigkeit der Einregulierung auf die günstigste Phasenverschiebung in Wechselstrom- und Drehstromzentralen an verschiedenen Beispielen zeigen, und geht dann dazu über, die Verwendungsmöglichkeit direkt zeigender Phasenmesser besonders für Drehstromzentralen zu beschreiben, wobei er drei wichtige typische Schaltungen an der Hand von drei recht übersichtlichen Schaltungsbildern bespricht.

Leider irrt der Verfasser in der Behauptung, daß die genannten Instrumente die gebührende Berücksichtigung in früheren Jahren hauptsächlich deshalb nicht gefunden haben, weil „praktisch zuverlässige Apparate, welche den Wert $\cos \varphi$ direkt anzeigen und daher dauernd leicht zu beobachten gestatten, erst jetzt“ (d. h. im Jahre 1914) „auf den Markt kommen“. Es möge nur darauf hingewiesen werden, daß die Firma Hartmann & Braun die ersten brauchbaren direkt anzeigenden Phasenmesser schon im Jahre 1898 nach den Angaben von Bruger herstellte, die sich dann auch sehr gut bewährt haben (vgl. ETZ 1898, S 476, und Phys. Z. 1903, S 882).

In manchen Fällen genügt es nicht, die elektrischen Werte messen zu können, sondern man verlangt auch noch, daß die Meßgröße beim Überschreiten bzw. Unterschreiten eines Höchst- bzw. Mindestwertes irgendwie signalisiert wird. Diese Forderung führte zur Konstruktion der Kontakt- und Signalinstrumente. Während nun die Ausführung bei einigen Typen ohne weiteres in bekannter Weise durchführbar ist, entsteht bei gewissen Instrumenten, z. B. solchen ohne mechanische Gegenkräfte, eine Schwierigkeit: das sog. Klebenbleiben der Kontakte. Der Verfasser[12]) beschreibt nun eine Einrichtung, mit welcher die Signalisierung gewisser Höchst- oder Mindestwerte bei den genannten Instrumenten möglich ist. Als Beispiel wird die Ausführung eines Phasenmessers mit Minimal- bzw. Maximalkontakt skizziert.

Im Augenblick der Kontaktgebung wird gleichzeitig mit der Herstellung des gewünschten Minimal- oder Maximalkontaktes in der inneren Schaltung des Instrumentes eine neue Verbindung geschlossen. Diese hebt die vorhandenen Drehmomente auf und bildet die Ursache zum Entstehen neuer Drehmomente, welche kräftig genug und derart gerichtet sind, daß die Kontakte im Augenblick der Kontaktgebung sofort wieder voneinander losgerissen werden. Auf diese Weise ist ein „Klebenbleiben“ der Kontakte unter allen Umständen vermieden.

Bei dem immer mehr zunehmenden Bedürfnis in den elektrischen Zentralen, die Regulierung der elektrischen Größen selbsttätig zu gestalten, wird es wohl mit Freuden begrüßt werden, daß nunmehr auch an die selbsttätige

Reglung der günstigsten Phasenverschiebung gedacht werden kann, was bisher infolge des Mangels an einem geeigneten Kontaktphasenmesser unmöglich erschien.

Es kommt vor, daß in Drehstromnetzen für den Anschluß neuer Apparate und Meßinstrumente (Zähler, Wattmeter, Rückstromrelais usw.) die Kenntnis der Phasenfolge fehlt. Für den Fall, daß nun kein Drehfeldrichtungsanzeiger zur Verfügung steht, hat A. Kleinstück[13]) eine Methode zur Bestimmung des Drehfeldes mit einem Wattmeter angegeben, welche gegebenenfalls von Vorteil sein kann, wenn eine der bekannten Methoden mit Glühlampen aus betriebstechnischen Gründen nicht anwendbar ist.

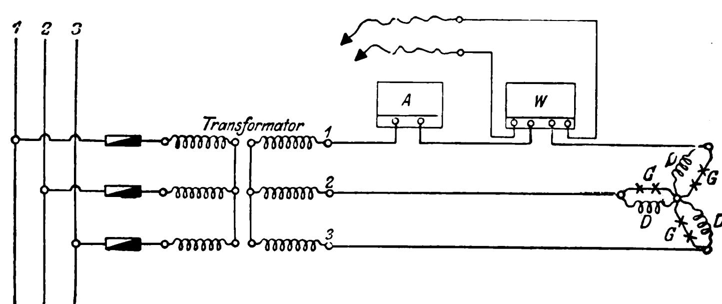


Abb. 21. Bestimmung des Drehfeldes (aus ETZ 1914, S 879).

Ein Drehstromtransformator bzw. ein dreiphasiger Meßtransformator (es ist zunächst an Hochspannungsanlagen gedacht) wird mit Glühlampen und Drosselspulen belastet, die in Stern geschaltet sind, wie die Abb. 21 zeigt. Die Stromspule des Wattmeters liegt in einer Phase, die Zuleitungen der Spannungsspule in demselben Sinne nacheinander zwischen je zwei Phasen. Man erhält so drei Ausschläge am Wattmeter, denen drei Gleichungen entsprechen, welche der Verfasser in sehr einfacher Weise zur Bestimmung der Drehfeldrichtung heranzieht. Ein Beispiel erläutert die Methode.

[1]) AEF, ETZ 1914, S 1021. — [2]) Rosa, Vinal u. Mc Daniel, ETZ 1914, S 789. — [3]) Szilard, ETZ 1914, S 537. — [4]) Watson, ETZ 1914, S 656. — [5]) Tschernyschoff, ETZ 1914, S 656. — [6]) Guye u. Tscherniavsky, Helios Fachz. 1914, S 368. — [7]) AEG, Preisliste. — [8]) Horn, DRGM 521114. — [9]) Siemens u. Halske, Helios Exportz. 1914, S 1429. — [10]) Helios Fachz. 1914, S 497. — [11]) Schalkhammer, ETZ 1914, S 450. — [12]) Gruhn, Helios Fachz. 1914, S 321. — [13]) Kleinstück, ETZ 1914, S 879.

Messung des Verbrauchs. Elektrizitätszähler.

Von Dr.-Ing. J. A. Möllinger.

Messungen, Theorie, Eichvorschriften. Ziegenberg[1]) stellt die Vorteile und Nachteile von Amperestunden- und Wattstundenzählern in Gleichstromanlagen gegenüber und kommt zu folgendem Ergebnis: Die höhere Meßgenauigkeit des Wattstundenzählers namentlich bei schwacher Belastung macht den Eigenverbrauch des Zählers, der mit den Selbstkosten für die Energie zu bewerten ist, bezahlt. Wo billige Zählerpreise Bedingung sind, sollten nur gut kompensierte Amperestundenzähler verwendet werden.

Strelow[2]) empfiehlt kompensierte Magnetmotorzähler an Stelle von Wattstundenzählern. Es wird durch einfache Überlegungen gezeigt, wie groß bei gegebenen Daten des Zählers der Kompensationsstrom sein muß und wie derselbe bei gewählten Widerständen zustande kommt. Kompensierte Amperestundenzähler haben vor den Wattstundenzählern außer ihrem hohen Drehmoment den Vorzug geringeren Ankergewichts, geringeren Wattverbrauches und besseren Anlaufes.

Lubach[3]) hält den Magnetmotorzähler für den vorteilhaftesten Zähler für kleine Gleichstromanlagen und zieht diesen dem Quecksilbermotorzähler vor. Denn abgesehen von der von Zeit zu Zeit nötig werdenden, sehr unangeneh-

men Arbeit der Unterhaltung zeigen letztere oft Störungen durch eingedrungene Luftblasen oder durch Aufstehen der Isolation des Ankers. Es sei nämlich immer noch nicht gelungen, eine zuverlässige Oberflächenbedeckung für die Anker zu finden.

Schmiedel[4]) vergleicht die beiden Methoden, welche bei Ferrariszählern hauptsächlich verwendet werden, um dem Strom- und Spannungsfeld bei $\cos \varphi = 1$ eine gegenseitige Verschiebung von 90^0 zu erteilen, nämlich die Methode der Kurzschlußwindung auf dem Spannungstriebfeld und die Methode der Kurzschlußwindung auf einem magnetischen Nebenschluß zum Stromfeld. Er kommt zu dem Ergebnis, daß bei der letzteren Methode sich bei Änderungen der Frequenz und des Verbrauchsstromes geringere Änderungen in der gegenseitigen Lage der Felder ergeben als bei der ersteren. Bei Zählern, die bei Nennstrom und Nennfrequenz eine Verschiebung von genau 90^0 hatten, erhöhte sie sich bei 4% höherer Frequenz und $^1/_{10}$ Nennstrom bei dem Zähler nach der ersten Methode um 2^0, bei dem nach der letzteren abgeglichenen um $0{,}5^0$. Schmiedel ist daher der Ansicht, daß die seinerzeit vorgeschlagene Herabsetzung des Winkelfehlers bei der Beglaubigungsfehlergrenze von $2 \operatorname{tg} \varphi$ auf $\operatorname{tg} \varphi$ nicht angängig sei.

Von einem anderen Verfasser werden folgende Verbesserungen an Ferrariszählern vorgeschlagen. Bei dem als Triebsystem für Wechselstromzähler[5]) vielfach verwendeten Dreifingereisen ist es, wenn ein magnetischer Nebenschluß angewandt werden soll, zweckmäßig, den inneren Schenkel einzusetzen. Um geringeren Übergangswiderstand an der Stoßstelle zu erhalten, wird dabei der Schenkel an dieser Stelle verbreitert. — Weiter kann bei dem Dreifingereisen durch ein einziges geeignet geformtes Stanzstück ein magnetischer Nebenschluß und Rückschluß erzielt werden. — Bei Ferrariszählern zeigt die Fehlerkurve infolge der Bremsung durch das Stromfeld bei höherer Last einen Abfall. Um diesen zu vermeiden, kann parallel zu dem Stromtriebfeld ein magnetischer Nebenschluß von hoher Sättigung gelegt werden. Bei steigendem Strom nimmt dann der magnetische Nebenschluß einen relativ geringeren Teil des Stromfeldes auf, d. h. das Stromtriebfeld wird relativ groß und kann den Abfall durch die Strombremsung kompensieren. In ähnlicher Weise kann bei dynamometrischen Zählern einem Abfall der Fehlerkurve bei hoher Last vorgebeugt werden, indem man ein dünnes ringförmiges Eisenblech außen auf dem Anker befestigt. — Umgekehrt liegt die Aufgabe bei Amperestundenzählern für Wechselstrom. Bei ihnen steigt die Triebkraft proportional dem Quadrat des Feldes, und es ist daher ein Feld, das proportional der Wurzel aus der Stromstärke steigt, anzustreben. Dies kann geschehen durch die Anordnung eines elektrischen oder magnetischen Nebenschlusses parallel zur Spule des Triebfeldes bzw. zum Triebfeld selbst. Die Nebenschlüsse sind so zu bemessen, daß das Triebfeld bei steigendem Strom langsamer wächst als dieser. — Zum Anschluß von Klingelanlagen an ein Wechselstromnetz kann man im Spannungsfeld der Wechselstromzähler eine Transformatorspule anordnen. Damit der Zähler durch den entstehenden zur Speisung der Klingel dienenden Strom nicht beeinflußt werde, wird eine Kompensationswicklung auf einem besonderen Pol angeordnet und mit der Transformatorspule in Reihe geschaltet. Die Wicklung auf dem Pol bildet, wenn sie vom Strom durchflossen wird, zusammen mit dem Spannungsfeld ein Drehmoment, welches so abgeglichen werden kann, daß der Zähler durch den Klingelstrom nicht beeinflußt wird.

Paul[6]) beschreibt kurz einige Zählerkonstruktionen und ihre Wirkungsweise. Er behandelt eingehend Eichung und Eicheinrichtungen.

Bei einem Drehstromzähler mit zwei messenden Systemen, die nach Aron geschaltet sind, kann man, wenn das Netz gleichbelastet ist, nach den folgenden Methoden feststellen, ob die Strom- und Spannungsspulen im richtigen Sinn angeschlossen sind. Man läßt z. B. durch Unterbrechen der Spannungsspule die Systeme einzeln wirken. Dasjenige, welches die größte Drehzahl hat (System I), muß vorwärts (Pfeilrichtung des Zählers) drehen, sonst hat man es um-

zupolen. Während I dann bei allen induktiven cos φ vorwärts dreht, ist die Drehrichtung von II verschieden, je nachdem $\varphi \lesseqgtr 60^0$ ist.*) Man kann also, wenn man φ nicht kennt, II nicht durch seine Drehrichtung bei ausgeschaltetem System I prüfen. Nach Brown[7]) ist II richtig geschaltet, wenn es rückwärts dreht, nachdem man seiner Spannungsspule einen sehr großen induktionslosen Widerstand vorgeschaltet hat. Diese Prüfung gilt nur für Ferrariszähler, die folgende von Ackermann[8]) für beliebige Zähler. Nachdem man den richtigen Anschluß bei I festgestellt hat, trennt man die Zählerklemme, an die beide Spannungsspulen angeschlossen sind, von der Drehstromleitung ab, so daß also beide Spannungsspulen in Reihe an die beiden Drehstromleitungen angeschlossen sind, die die beiden Stromspulen enthalten. Alsdann muß der Zähler vorwärts laufen.

Die Holdenschen Vorschläge[9]) zur Abänderung der englischen Zählervorschriften werden eingehend diskutiert, besonders die folgenden Punkte: Bohrungen der Klemmen sollen reichlich, ihre Anordnung und Bezeichnung einheitlich sein, damit Schaltfehler vermieden werden. Für Eigentumsschilder sollen vom Fabrikanten Nieten — nicht Löcher — im Gehäuse vorgesehen werden. Die Zeigerzählwerke werden oft falsch abgelesen, es werden deshalb springende Zählwerke empfohlen. Für die zu stellenden Anforderungen (Anlauf, Verluste, maximale Drehzahl usw.) sollte zwischen den verschiedenen Arten von Zählern unterschieden werden. Der Verlust von 4 W auf 100 V in der Spannungsspule wird zu hoch, ein Anlauf von 0,5% und Fehler von 2,5% von $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{1}$ Last als zweckmäßig befunden. Bei Drehstrom sollen Zähler mit nur einem messenden System nicht verwendet werden.

Der Zählerkontrollapparat von Ruhstrat[10]) besteht aus einem genau abgeglichenen Belastungswiderstand in Verbindung mit einem Spannungsmesser. Der Spannungsmesser ist entsprechend dem Widerstand des Belastungswiderstandes auch in Watt geeicht.

Amundsen[11]) hat aus Kohlenplatten bestehende transportable Zählerprüfwiderstände angegeben. Die Regulierung geschieht durch Änderung des Druckes, mit dem die Kohlenplatten aufeinander gepreßt werden.

Konstruktionen. Amtliche Systembeschreibungen erschienen von folgenden Zählern:

a) Gleichstrom-Wattstundenzähler: G8e der SSW[12]) (astatisch, für große Stromstärken, magnetischer Nebenschluß am Anker). — GZ, GZ1 von Körting & Mathiesen[13]) (Anker mit 7 bzw. 8 sektorförmigen Spulen).

b) Wechselstromzähler: AT der Danubia[14]) (Kurzschlußring für die Feldverschiebung durch Schraube aus zwei Metallen verschiedener Leitfähigkeit regelbar). — LJc der AEG[15]) (Feldabgleichung am magnetischen Nebenschluß zum Stromfeld). — WZ2 von Körting & Mathiesen[16]) (Strom- und Spannungseisen E-förmig).

c) Magnetmotorzähler: JB und JBc von Landis & Gyr[17]) (mit Reibungskompensation nach O'Keenan). — ECp der AEG[18]) (Konstruktionsänderung von EC, Bürstenschaukel durch Federkraft ausbalanciert). — BRc und CRc von Aron[19]) (verstärkende Hilfsspule auf einem Magneten).

d) Quecksilber-Motorzähler: Q von Aron[20]) (schwächende Hilfsspule auf einem Magneten).

Der Quecksilber-Motorzähler der Sangamo-Gesellschaft[21]) ist ein Wattstundenzähler; denn durch die Quecksilberkammer tritt das Feld eines von der Spannung erregten Elektromagnets. Zur Vermeidung von Dämpfung durch diesen ist die Triebscheibe geschlitzt. Die Dämpfung wird durch eine besondere Scheibe, die sich im Felde von permanenten Magneten bewegt, bewirkt. Die Reibungskompensation ist dadurch erzielt, daß ein vom Spannungsstrom geheiztes Thermoelement dauernd einen schwachen Strom durch die

*) Anmerkung: Diese Unterscheidung der Systeme wäre nicht möglich, wenn cos $\varphi = 1$, weil dann beide dieselbe Drehzahl ergeben.



Quecksilberkammer schickt. Das Thermoelement ist umschaltbar, so daß man dem Hilfsstrom verschiedene Richtung geben kann, je nachdem der Zähler in den Plus- oder Minusleiter eingeschaltet wird.

Bei dem Wechselstromzähler der General Electric Co.[22]) liegt das Triebsystem auf der Rückseite der gußeisernen Grundplatte — in einem Hohlraum — die Lagerung, das Zählwerk und die Bremsmagnete auf der Vorderseite. Die beiden sektorförmigen Bremsmagnete sitzen auf einem Schlitten, der durch eine Schraube fein verstellt werden kann. Von den drei Schenkeln des Spannungseisens besitzen die äußeren nach innen ragende, einen magnetischen Nebenschluß bildende Lappen. Das Stromeisen ist U-förmig. Der Zähler wird auch als Eichzähler in einem Holzkasten eingebaut geliefert.[23])

Bei dem neuen Elektrolytzähler von Hatfield[24]) (Solarzählerwerke) wird als Elektrolyt verdünnte Phosphorsäure benutzt. Die Anode besteht aus mit Platinmohr bedecktem Platin, die Kathode aus einem kleinen Glasnäpfchen, das nach außen durch ein sehr feines Gitter aus Goldnetz geschlossen wird. Dieses Goldnetz ist mit Rhodium überzogen. Beim Stromdurchgang wird Wasserstoff ausgeschieden, der sich in dem Glasnäpfchen ansammelt; wenn dieses damit angefüllt ist, steigt er in einem Ableserohr empor und verdrängt die Flüssigkeit, so daß seine Menge an einer Skala abgelesen werden kann.

Tarife und Tarifapparate. Nach Lubach[25]) nahm bei einem mit Wasserkraft arbeitenden kommunalen Elektrizitätswerk infolge der vielen Pauschalkonsumenten der Stromkonsum so rasch zu, daß die maximale Leistungsfähigkeit der Maschinenanlagen bereits öfter überschritten wurde. Die Rentabilität war bei dem niedrigen Strompreis keineswegs sehr hoch und die Gemeinde konnte sich aus diesem Grunde zu einem Ausbau des Werkes nicht entschließen. Dagegen wurde nach und nach zum einfachen Zählertarif übergegangen, und der Erfolg war größer, als man erwartet hatte; der Stromkonsum ging beträchtlich zurück, und die Einnahmen blieben die gleichen wie beim Pauschaltarif.

Lubach[26]) beschreibt drei Überverbrauchszähler. Der erste mißt die unterhalb und die oberhalb einer gewissen Stromstärke verbrauchte Arbeit an je einem getrennten Zählwerk, indem das eine Zählwerk (I) bis zur Erreichung der festgesetzten Grenze von der Zählerwelle, beim Überschreiten der Grenze dagegen von einem Motor gleichbleibender Geschwindigkeit angetrieben wird, während das andere Zählwerk (II) beim Überschreiten der Grenze als Spitzenzählwerk in Tätigkeit tritt. Bei dem zweiten werden bei Ferrariszählern Spannungsspulen koaxial mit den Stromspulen angeordnet und unter Vorschalten von Widerständen so an die Spannung angeschlossen, daß sie mit dem Spannungsfelde die entgegengesetzte Drehrichtung ausüben wie die Stromspulen. Bei der Pauschalgrenze werden beide Drehmomente genau gleich eingestellt. Der Zähler ist gegen Rücklauf gesperrt, sein Zählwerk gibt daher den Überverbrauch an. Der dritte Apparat beruht auf dem elektrochemischen Prinzip. An die Meßzelle soll mit Hilfe geeignet geschalteter Widerstände eine Gegenspannung gelegt werden, die eine Messung unterhalb einer bestimmten Stromgrenze verhindert, so daß die Wirkung eines Überverbrauchszählers zustande kommt.

Der Mehrlichtbegrenzer von Hatfield[27]) ist ein Begrenzer, der einigemal durch Kippen von dem Konsumenten kurzgeschlossen werden kann. Außen am Gehäuse erscheinende Ziffern lassen den Konsumenten erkennen, wie oft er noch kurzschließen kann. Der Apparat sucht dem Mißstand, der bei gewöhnlichen Begrenzern auftritt, vorzubeugen, daß ein Beamter des Werkes zu dem Konsumenten behufs Kurzschließens des Begrenzers hingehen muß, falls dieser bei besonderer Gelegenheit einmal einen größeren Strom entnehmen will. Nach jedem Kippen dauert der Kurzschluß 8 bis 10 Stunden an. Denn die die Kontakte des Begrenzers überbrückende Quecksilbersäule sinkt allmählich aus der Unterbrecherkammer wieder in den Vorratsraum zurück, indem sie das in letzterer befindliche Gas durch eine poröse Wand langsam hinausdrängt.

Der Begrenzer von Laudien[28]) läßt zwei Grenzströme zu, z. B. $J_a = 5$ A und $J_b = 10$ A, je nachdem man einen Handschalter, der die Empfindlichkeit des Begrenzers ändert, in Stellung *a* oder *b* bringt; in letzterer kann Strom unter 5 A nicht benutzt werden. Es muß daher der Konsument, wenn sein Verbrauchsstrom wieder unter 5 A sinkt, den Handschalter aus der Stellung *b* nach *a* zurückdrehen. Der Apparat kann unter anderem dazu verwendet werden, den Zähler auf hohen Tarif zu schalten, wenn beim Überschreiten von 5 A der Handschalter von *a* nach *b* gestellt wird. Da, wie erwähnt, der Handschalter stets betätigt werden muß, wenn der Strom durch 5 A hindurchgeht, kann es nicht vorkommen, daß der Zähler noch nach hohem Tarif anzeigt, wenn der Verbrauchsstrom unter 5 A gesunken ist. Aus demselben Grunde kann durch den Umschalter ein Zählwerk betätigt werden, welches die Anzahl der Überschreitungen angibt. Auch diese kann der Tarifierung zugrunde gelegt werden.

Lambertin[29]) untersucht rechnerisch und durch Laboratoriumsversuche das Problem, in einem Gleichstromnetz die Doppeltarifzähler mittels Überlagerung von Wechselströmen der Frequenz 5000 Per/s von der Zentrale aus umzuschalten. Die Hochfrequenzmaschine wird dabei den Gleichstrommaschinen parallel geschaltet. Erstere sowie die Umschalterelais der Doppeltarifzähler werden durch Kondensatoren vor dem Eindringen des Gleichstromes geschützt. Von den Gleichstrommaschinen und den Hausinstallationen wird der Wechselstrom durch Drosselspulen ferngehalten.

[1]) Ziegenberg, El. Masch.-Bau 1914, S 335. — [2]) Strelow, ETZ 1914, S 997. — [3]) Lubach, ETZ 1914, S 753. — [4]) Schmiedel, Arch. El. Bd 2, S 275. — [5]) El. Kraftbetr. 1914, S 341. — [6]) Paul, Helios Fachz. 1914, S 1, 17, 29. — [7]) Brown, El. World Bd 63, S 144. — [8]) Ackermann, El. World Bd 63, S 145. — [9]) Jl. Inst. El. Eng. Bd 52, S 211. — [10]) Helios Exportz. 1914, S 1357. — [11]) Amundsen, El. World Bd 63, S 382. — [12]) SSW, ETZ 1914, S 37. — [13]) Körting u. Mathiesen, ETZ 1914, S 734. — [14]) Danubia, ETZ 1914, S 1042. — [15]) AEG, ETZ 1914, S 502. — [16]) Körting u. Mathiesen, ETZ 1914, S 734. — [17]) Landis u. Gyr, ETZ 1914, S 1105. — [18]) AEG, ETZ 1914, S 1055. — [19]) Aron, ETZ 1914, S 960. — [20]) Aron, ETZ 1914, S 64. — [21]) Sangamo, El. World Bd 63, S 445. — [22]) General El. Co., El. World Bd 63, S 1460. — [23]) General El. Co., El. World Bd 63, S 502. — [24]) Hatfield, ETZ 1914, S 739. — [25]) Lubach, ETZ 1914, S 753. — [26]) Lubach, ETZ 1914, S 753. — [27]) Hatfield, ETZ 1914, S 300. — [28]) Laudien, ETZ 1914, S 330. — [29]) Lambertin, ETZ 1914, S 273.

Messung des Widerstands, der Kapazität, der Induktivität.

Von Prof. Dr. Herbert Hausrath.

Widerstandskonstruktionen. Aus der Phys. Techn. Reichsanstalt ist eine zusammenfassende Veröffentlichung[1]) über die bisherigen Messungen mit den Normalwiderständen und Kopien (Draht- und Quecksilberkopien) erschienen. Es ergibt sich, daß ein Einfluß der Feuchtigkeit auf die Widerstände von 1 Ohm nicht festzustellen ist. Die im JB 1913 berichtete Form von Widerständen von 1000 und 10000 Ohm hat sich vorzüglich bewährt. Sie bleiben von Feuchtigkeitsschwankungen unbeeinflußt und nehmen in 1 Min. die Temperatur eines Petroleumbads an. — Die Firma Gambrell Bros. bringt eine neue Stöpselvorrichtung für Rheostaten[2]) in den Handel, bei der die einzelnen Stufen an Schrauben enden, die oberhalb der Hartgummiplatte je eine Hälfte eines ganz aufgeschlitzten und zudem mit axialer Bohrung versehenen Konus tragen. Auf diesen wird statt des üblichen Stöpsels eine konisch ausgebohrte und mit einem in die Bohrung passenden Stift versehene Metallhülse aufgesteckt. Bei der Betätigung dieser Vorrichtung soll eine Lockerung der Nachbarkontakte ausgeschlossen sein.

Von Melson[3]) wird eine Nebenschlußkonstruktion empfohlen, bei der Manganindrähte einander parallel in Kupferstreifen hart eingelötet sind, die ihrerseits in den Endklötzen weich eingelötet werden.

Kondensatoren. Die Werkstätten von B. Thieme[4]), Berlin, brachten einen Drehglimmerkondensator heraus, der Fehler älterer Konstruktionen vermeidet. Die aus Aluminium bestehenden Kondensatorplatten sind durch je eine starke Mikanitschicht voneinander getrennt. Die letztere ist auf beiden Seiten durch Japanpapier gegen zu schnelles Zerreiben durch die aufeinander reibenden Flächen geschützt. Die Kondensatoren können mit Öl gefüllt werden. Die Konstanz erstreckt sich auf $\frac{1}{2}^0$ der 180^0-Teilung.

Die durch Fräsung hergestellten Seibtschen-Luftkondensatoren, die für gegebene Kapazität und Durchschlagsspannung erheblich weniger Raum in Anspruch nehmen als die aus Einzelplatten zusammengesetzten Konstruktionen, haben außerordentliche Verbreitung gefunden. Gewicht und Abmessungen konnten seit dem Bericht im JB 1912 noch weiter reduziert werden[5]), wobei teilweise auch die Marconische Binantenschaltung Verwendung findet. Mittels des Fräsverfahrens werden jetzt auch Normalkondensatoren mit feststehenden Plattensätzen angefertigt. Durch Teilung des Innenkörpers in zwei voneinander isolierte Hälften werden drei, im Verhältnis 1:2:4 stehende Kapazitätswerte verfügbar. Bemerkenswert ist auch, daß die gefrästen Kondensatoren von gleicher Größe ohne weiteres auf 0,5% bei allen Einstellungen übereinstimmen.

Duddell[6]) erörtert die verschiedenen Möglichkeiten, um die Kapazität eines Drehkondensators proportional dem Quadrat des Drehwinkels zu machen, so daß z. B. die Skala der Wellenlängen bei Verwendung des Kondensators im Wellenmesser eine gleichförmige wird. Es ergibt sich als geeignetste Form die Kombination eines üblichen halbkreisförmigen, aber nicht bis auf 180^0 erstreckten festen Plattensystems mit einem System von Drehplatten, deren Randabstand vom Drehpunkt durch die Beziehung $x^2 = \text{Konst.}\, \alpha + r^2$ gegeben ist, wenn r der Radius des inneren Kreisausschnitts der festen Platten. Dabei ist die Kapazität proportional den übereinander stehenden Flächen angenommen. Der hierdurch begangene Fehler konnte einfach durch Vergrößerung von r so weit reduziert werden, daß die experimentell gefundenen Koeffizienten in dem Ausdruck $C = a + b\alpha - c\alpha^2$ die Beträge 0,025, 0,0035 und 0,0659 erhielten, wenn die Kapazität C in 10^{-9} F und α in Bogenmaß gemessen wird.

Austin[7]) mißt Hochfrequenzverluste von Kondensatoren für Senderkreise. Der nicht unbeträchtliche Verlust von 0,14 Ω, den er für einen Preßluftkondensator von 0,006 μ F findet, dürfte auf Wirbelströme und Ausbreitungswiderstand zurückzuführen sein.

Meßeinrichtung. Eine einfache, besonders zum Vergleich von Nebenschlüssen bestimmte Thomsonsche Brücke des Nat. Phys. Lab.[3]) enthält als Verzweigungswiderstände einerseits 2 Widerstände von 99,5 Ω, anderseits 2 auf 98,5, 99,5 oder 100,5 Ω einstellbare Widerstände und dazwischen 2 Meßdrähte von je 1 Ω.

Absolute Widerstandsbestimmung. Die Methode von Lorenz wurde von Smith[8]) als Differentialmethode ausgebildet, bei der das Erdfeld keinen Einfluß ausüben kann.

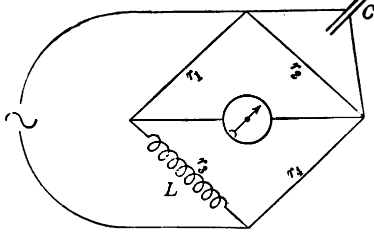


Abb. 22. Absolute Ohmbestimmung nach Grüneisen u. Giebe. (Aus Zschr. Instrk. 1914, S. 160.)

Die weitere Verfolgung der Messungen zur absoluten Ohmbestimmung in der Phys.-Techn. Reichsanstalt gaben Anlaß zur Vervollkommnung der Maxwellschen Methode zum Vergleich einer Selbstinduktionsspule mit einem Kondensator. Das von Grüneisen und Giebe[9]) angegebene Verfahren besteht darin, daß man in dem durch Abb. 22 dargestellten Schema der Maxwellschen Methode die störende Induktivität und Kapazität der Widerstände r_1, r_2, r_4 sowie sämtlicher Zuleitungen und Verbindungen durch eine einzige Hilfs-

messung eliminiert. Bei dieser wird die Spule L durch einen Bifilardraht aus Manganin von genau gleichem Widerstand und kleiner berechenbarer Selbstinduktion l ersetzt und der Kondensator C abgeschaltet. Um das Vibrationsgalvanometer wieder stromlos zu machen, muß in Zweig 3 der Widerstand $\triangle r_3$ abgezogen und zu 2 die Kapazität $\triangle c_2$ mittels eines geeichten Drehkondensators von geringer Kapazität parallel geschaltet werden. Unter Voraussetzung hinreichend niedriger Frequenz des Meßstroms ergibt sich: $L - l = r_1 r_4 (C + \triangle c_2) - \frac{(\triangle r_3)^2}{\omega^2 (L - l)}$. In der benutzten Versuchsanordnung ergab sich $\triangle r_3$ so klein, daß das letzte Glied ganz vernachlässigt werden konnte. Es werden also durch die Hilfsmessung alle Korrektionen eliminiert bis auf die Selbstinduktion l, die 1 bis 2 Hunderttausendstel von L beträgt, also leicht mit ausreichender Genauigkeit berechnet werden kann. Die Vorzüge der Methode gegenüber der Resonanzmethode bestehen darin, daß die wesentliche Nullbedingung von der Frequenz unabhängig ist, und daß zur Messung der in Betracht kommenden Spulen die Luftkondensatorkapazitäten nach dem Modell der Reichsanstalt ausreichen. Bei der praktischen Ausführung der Methode hat man, um die Voraussetzungen der Theorie zu erfüllen, durch elektrostatische Abschützung der Brückenzweige alle Kapazitäten gut zu definieren, und für r_1 und r_4 Widerstände von geringer und verlustfreier Kapazität zu wählen. Da die üblichen Formen von Normalwiderständen sich in dieser Hinsicht nicht bewähren, teils wegen zu großer Kapazität, teils wegen der Verluste im Schellack, wurden schließlich mit sehr gutem Erfolge frei in Petroleum ausgespannte Manganindrähte benutzt.

Durch Anwendung dieser Methode und der sog. Maxwell-Thomsonschen Methode zur absoluten Bestimmung von C konnten die Selbstinduktionswerte auf etwa $1 \cdot 10^{-6}$ an die Manganinwiderstandseinheit der Reichsanstalt angeschlossen werden. Bei entsprechend geringeren Ansprüchen dürfte hiermit auch für andere elektrische Laboratorien die Möglichkeit gegeben sein, sich selbst die erwünschten Kapazitäts- und Induktivitätsnormale herzustellen.

Messung von Induktivitäten. Eine neue, von Wilson[10]) angegebene Methode ist den für die Praxis wenig geeigneten integrierenden Vergleichsmethoden mit ballistischer Dauerablenkung zuzuzählen. Ihre Ausführung erfordert Gleichstromquelle, Unterbrecher mit bekannter Tourenzahl, Strommesser mit genügend hoher Schwingungsdauer, Voltameter und Rheostatenwiderstand.

Über **Widerstandsmessungen mit schnellen Schwingungen** berichtet die Phys. Techn. Reichsanstalt folgendes[11]): „Die von Loewe (Jenaer Diss. 1913) beschriebene Widerstandsmessung mittels der in einem stark gedämpften Funkenkreis großer Kapazität erzeugten Schwingungen wurden insbesondere bei kurzen Wellen ($\lambda < 300$ m) an sorgfältig gewickelten langen Zylinderspulen geprüft. Es ergaben sich mit der Frequenz stark ansteigende Abweichungen der gemessenen Widerstandswerte von den nach der Sommerfeldschen Theorie berechneten. Die gemessenen Werte waren die größeren. Wieweit diese Unterschiede auf bisher noch nicht berücksichtigte Einflüsse der gegenseitigen Kapazität bzw. der Erdkapazität der einzelnen Teile der Meßanordnung zurückzuführen sind, oder auf die bei der theoretischen Berechnung vernachlässigten dielektrischen Verluste der Spule, ist bisher noch nicht mit Sicherheit entschieden".

Eine von Kaposi[12]) ausgeführte Arbeit über die Anwendung der Brückenmethode auf Messungen mit schnellen Schwingungen ist durch genaue Angaben über die hierbei unbedingt erforderliche Abschirmung der einzelnen Zweige wertvoll. Da nur symmetrische Anordnung zulässig ist, ist die Brückenschaltung mit der im JB 1913 beschriebenen Differenzialschaltung bis auf den Umstand gleichwertig, daß bei letzterer immer nur die Konstanten zweier Zweige die Abgleichung bestimmen.

Die Nernstsche Methode zur Bestimmung von Dielektrizitätskonstanten in einer Hochfrequenzbrücke ist von Hertwig[13]) weiter ausgebildet worden.

Den Hochfrequenzwiderstand von einlagigen, mit Massivdraht bewickelten Induktionsspulen mißt Austin[14]) mit einem Differentialthermometer, indem

er in das eine von zwei gleichen Ölkalorimetern die Spule, in das andere einen bekannten Widerstand einsetzt und den zur Erwärmung des letzteren dienenden Gleichstrom so reguliert, daß ein Thermoelement, dessen Lötstellen in den beiden Gefäßen liegen, keinen Ausschlag gibt.

Zur **Prüfung eines Vibrationsgalvanometers** führt Butterworth[15]) dessen Schwingungskonstanten rechnerisch auf eine Ersatzschaltung zurück, deren mittels Brückenanordnung bequem meßbare Konstanten neben der Gleichstromempfindlichkeit sämtliche Galvanometerkonstanten liefert. Die Methode eignet sich, entsprechend modifiziert, auch für Untersuchung anderer Objekte, wie das Telephon, dessen Bewegungen und dabei auftretende Verluste durch sie ermittelt werden, sowie zur Untersuchung starker magnetischer Felder.

Wie alljährlich, werden in ausländischen Zeitschriften Meßmethoden, die in Deutschland längst allgemein angewendet oder im Jahrbuch referiert sind als neu ausgegeben. Als Beispiel sei die Neuerfindung der Wichertschen Methode zur Messung von Erdplattenwiderständen[16]) und einer Butterworthschen Methode (vgl. JB 1912) zum Vergleich von Induktivität und Kapazität[17]) erwähnt.

Von zusammenfassenden Darstellungen elektrischer Meßmethoden sind die in den neuen Katalogen der Firma Robt. W. Paul in London enthaltenen bemerkenswert, da sie eine vortreffliche Einführung und Anleitung zu den in England üblichen Methoden für praktische und wissenschaftliche Untersuchungen geben.

Hilfsmittel für elektrische Messungen. Gewisse Vorteile vor den Projektionsspiegelinstrumenten für Demonstrationszwecke bieten liegende Meßinstrumente mit von unten beleuchteter transparenter Skala[18]). Wie bei den bekannten Episkopen läßt sich diese Skala mittels eines Projektionsobjektivs über einen um 45° geneigten Spiegel auf einem Wandschirm darstellen. Auch für große Schalttafeln kommt diese Einrichtung als Ersatz größtdimensionierter Instrumente in Betracht.

Michaud[19]) beschreibt eine Einrichtung zur Vergrößerung der Empfindlichkeit bei der Spiegelablesung. Klopsteg[20]) berechnet ein Rechteck zur Erzeugung aperiodischer Galvanometerdämpfung.

Apthorpe[21]) gibt eine zur gleichzeitigen Registrierung zweier zusammengehörigen elektrischen Vorgänge geeignete Abänderung des Saitengalvanometers an, bei der zwei unabhängige Saiten durch eine besondere Prismenanordnung dicht nebeneinander abgebildet werden.

Siegbahn[22]) konstruierte einen Hochfrequenzgenerator für Meßzwecke nach dem Gleichpoltyp, der durch günstigere Anordnung und Ausnutzung der magnetischen Kreise die bisher eingeführten Konstruktionen übertreffen soll.

1) Jaeger u. v. Steinwehr, Zschr. Instrk. 1914, S 293. — 2) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 577. — 3) Melson, Electr. (Ldn.) Bd 70, S 963. — 4) Thieme, Helios Exportz. 1914, S 73. — 5) Seibt, ETZ 1914, S 531. — 6) Duddell, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 740; Jl. Inst. El. Eng. Bd 52, S 275. — 7) Austin, JB. d. drahtl. Telegr. Bd 7, S 222. — 8) Smith, Phil. Trans. Bd 214, S 27. — 9) Grüneisen u. Giebe, Zschr. Instrk. 1914, S 160. — 10) Wilson, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 308. — 11) Zschr. Instrk. 1915, S 157. — 12) Kaposi, Dissert. Darmstadt 1014. — 13) Hertwig, Ann. Phys. R 4, Bd 42, S 1099. — 14) Austin, JB drahtl. Telegr. Bd 8, S 159. — 15) Butterworth, Proc. Phys. Soc. Bd 26, S 264. — 16) Lasalle, El. World Bd 63, S 724. — 17) Dalton, Phil. Mag. R 6, Bd 28, S 37. — 18) Electr. (Ldn.) Bd 72, S 537. — 19) Michaud, J. d. Phys. 1914, Bd 4, S 402. — 20) Klopsteg, Phys. Rev. R 2, Bd 3, S 121. — 21) Apthorpe, Proc. Phys. Soc. Bd 26. — 22) Siegbahn, Arch. Mat., Astr. och Fysik Bd 8, S 7.

XIV. Magnetismus.

Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. E. Gumlich.

Wasser. Für die genaue Bestimmung der para- und diamagnetischen Eigenschaften vieler Stoffe ist eine wesentliche Bedingung die genaue Kenntnis der

Suszeptibilität des vielfach als Lösungsmittel benutzten reinen Wassers. Zu den schon im vorigen Jahrgang erwähnten, zumeist nach der Steighöhenmethode ausgeführten vorzüglichen Neubestimmungen dieser wichtigen Konstante durch Weiß und Piccard, Sève, de Haas und Drapier, welche den übereinstimmenden Wert $-0{,}72 \cdot 10^{-6}$ ergeben hatten, tritt nun noch eine solche von Hayes[1]) nach der Faradayschen Methode. Bei dieser wird — hier mittels einer äußerst feinen, im Vakuum befindlichen Torsionswage — die Kraft gemessen, mit welcher der zu untersuchende Körper in ein ungleichmäßiges Feld von bekannter Stärke hereingezogen wird. Der gefundene Wert $-0{,}726 \cdot 10^{-6}$ stimmt sehr genau mit dem obenerwähnten überein. Hayes glaubt aus dieser Tatsache auch auf die Unabhängigkeit der Suszeptibilität des Wassers von der Feldstärke schließen zu dürfen, da seine Messungen nur bei einer Feldstärke von etwa 1200 Gauß, diejenigen der anderen Beobachter aber bei Feldstärken bis zu 21500 Gauß ausgeführt worden waren, doch reicht zur Entscheidung dieser Frage die Genauigkeit der Beobachtungen wohl kaum aus.

Salzlösungen. Der erwähnte Wert der Suszeptibilität des Wassers liegt auch den Versuchen von Philipp[2]) zugrunde, welche bezweckten, die Suszeptibilität der Salze der Eisengruppe in ihrer Abhängigkeit von der Konzentration nach einer früher von Heydweiller angegebenen, sehr empfindlichen Methode festzustellen. Dies hat insofern erhebliches Interesse, als ja nach der Theorie und den Messungsergebnissen von P. Weiß das magnetische Moment eines Moleküls, bezogen auf das Grammolekül, das ganzzahlige Vielfache einer bestimmten Zahl (Magneton) sein sollte. Die vorliegenden, an 7 verschiedenen Salzen bei 5 bis 8 verschiedenen Konzentrationen ausgeführten Versuche ergaben nun fast stets mit abnehmender Konzentration zuerst eine Zunahme, dann eine Abnahme der molekularen Magnetisierbarkeit, und in keinem Falle, weder bei Verwendung der größten noch der kleinsten gefundenen Suszeptibilitäten, eine zweifellose Ganzzahligkeit der Magnetonenzahlen, so daß die schon früher von Heydweiller gegen die P. Weißschen Ergebnisse erhobenen Bedenken immer mehr an Gewicht gewinnen.

Sauerstoff, Stickstoff. Eine ähnliche Untersuchung führten Perrier und Kamerlingh Onnes[3]) in dem bekannten Institute des letzteren für niedrige Temperaturen zu Leiden aus, und zwar an verschieden konzentrierten Gemischen des stark paramagnetischen flüssigen Sauerstoffs und des diamagnetischen flüssigen Stickstoffs. Die Messungen haben das überraschende Resultat geliefert, daß die spezifische Suszeptibilität des Sauerstoffs bei der gleichen Temperatur mit wachsender Verdünnung, also mit wachsendem Molekularabstand, zunimmt, und daß anderseits für dieselbe Konzentration das Curiesche Gesetz in der Form $\chi\,(T + \Delta) = \text{const}$ erhalten bleibt; hierbei bedeutet χ die spezifische Suszeptibilität, T die absolute Temperatur und Δ eine passend zu wählende Konstante.

Sättigung paramagnetischer Körper. Die vorzüglichen Einrichtungen des Laboratoriums von Onnes, die neuerdings Temperaturen von 2^0 abs. zu erreichen gestatten, ermöglichten auch die Entscheidung der theoretisch wichtigen Frage, ob die Suszeptibilität paramagnetischer Substanzen von der Feldstärke unabhängig ist, oder ob sie, wie bei den ferromagnetischen Körpern, mit wachsender Feldstärke abnimmt und damit auf einen Sättigungswert auch dieser Substanzen hindeutet. Während der letztere beim reinen Eisen schon bei einer Feldstärke von etwa 2000 Gauß erreicht ist, konnte bis jetzt bei den paramagnetischen Substanzen infolge ihrer geringen Beeinflußung durch den Magnet auch bei den höchsten bisher erreichbaren Feldstärken von etwa 50000 Gauß keine Andeutung einer Sättigung mit Sicherheit nachgewiesen werden. Kamerlingh Onnes[4]) gelang dies auf einem Umwege: Nach der Theorie von Langevin ist die Magnetisierungsintensität a eines paramagnetischen Körpers gegeben durch den Ausdruck $a = \frac{\sigma_m \cdot \mathfrak{H}}{R \cdot T}$, worin σ_m das magnetische Moment der Moleküle für das Grammolekül, $\mathfrak{H}$ die Stärke des Magnetfeldes, R die Gaskonstante und T die absolute

Temperatur bedeutet. Ist diese Theorie richtig, so wächst *a* nicht nur mit zunehmender Feldstärke, sondern auch mit abnehmender Temperatur, und man wird also durch Erniedrigung der Beobachtungstemperatur die Magnetisierungsintensität *a* so stark vergrößern können, daß nunmehr auch eine etwaige Abhängigkeit von der Feldstärke nachweisbar wird. Tatsächlich gelang dies auch vollkommen mit Gadolineumsulfat, und hierdurch ist nicht nur die oben erwähnte Frage entschieden, sondern auch für die Richtigkeit der Langevinschen Theorie ein neuer Beweis erbracht.

Ferromagnetische Körper. Die Abhängigkeit ferromagnetischer Substanzen von der Konzentration untersuchte Benedicks[5]) an Mischungen aus feinen Eisen- und Kupferpulvern, und fand mit abnehmender Konzentration eine deutliche Abnahme der spezifischen Magnetisierbarkeit, ein Resultat, das sich wegen der mit zunehmender Verdünnung wachsenden entmagnetisierenden Wirkung der freien Enden der magnetischen Teilchen voraussehen ließ. Benedicks sucht dies Resultat zur Entscheidung eines in letzter Zeit besonders heftig entbrannten Streites um die Frage zu verwerten, ob die bisherige Annahme eines sog. magnetischen Umwandlungspunktes und einer damit verbundenen Phasenänderung von α- in β-Eisen gerechtfertigt sei oder nicht. Während Benedicks diese Frage verneint, ebenso wie Honda und Takagi[6]) auf Grund ihrer magnetothermischen Versuche, nach welchen die Abnahme der Magnetisierbarkeit des reinen Eisens stetig bis 810° erfolgt, sprechen umgekehrt die Versuche von Burgess und Crowe[7]) sehr dafür; eine Entscheidung dieser theoretisch wichtigen Frage ist also auch durch diese Versuche noch nicht herbeigeführt worden.

Bei dieser Gelegenheit sei auf die besonders schönen, zum Teil in natürlichen Farben wiedergegebenen mikroskopischen Aufnahmen der Gefügebestandteile von Eisen, Stahl usw. durch den Leiter des chemisch-physikalischen Instituts der Firma Krupp in Essen, B. Strauß[8]), hingewiesen, welche einen vortrefflichen Überblick über dies schwierige, in ferromagnetischer Beziehung so wichtige Gebiet geben.

Elektrolyteisen. Über die magnetischen und mechanischen Eigenschaften reinsten Elektrolyteisens hat Trygve D. Yensen[9]) zahlreiche Versuche angestellt, die deshalb besonderes Interesse verdienen, weil es ihm gelungen ist, größere Mengen seines Versuchsmaterials im Vakuum zu schmelzen und dadurch erheblich zu verbessern. Der Kohlenstoffgehalt ging durch die thermische Behandlung auch bei den ursprünglich weniger guten Materialien bis auf wenige Hundertstelprozent herab; die Konstanten des besten Materials waren folgende: Koerzitivkraft 0,29, Remanenz etwa 12000, Maximalpermeabilität 19000, Hystereseverlust für $\mathfrak{B} = 10000$: 813 Erg/cm³, für $\mathfrak{B} = 15000$: 1640 Erg/cm³, Widerstand für m/mm²: 0,096 Ω, Werte, die an die besten in der Reichsanstalt gefundenen nahe herankommen. Es mag jedoch darauf hingewiesen werden, daß sich auch magnetisch derartig vorzügliches Material wegen der großen Leitfähigkeit und der infolge davon auftretenden Wirbelströme zur Fabrikation von Dynamo- und Transformatorenblech nicht ohne weiteres eignet, sondern erst nach einem Siliziumzusatz (sog. „legiertes“ Blech), der die Leitfähigkeit sehr stark herabsetzt.

Gasgehalt des Eisens. Auch der bisher wohl kaum in weiteren Kreisen bekannte und gewürdigte Einfluß des Gasgehalts im Eisen auf dessen magnetische Eigenschaften ist durch zwei interessante Arbeiten näher bekannt geworden: Dejean[10]) benutzte bei seinen Versuchen über die Abhängigkeit des Ferromagnetismus von der Temperatur unter anderem auch eine sehr reine und namentlich sehr wenig Kohlenstoff enthaltende Probe, die aber durch sog. Überblasen außerordentlich sauerstoffhaltig war. Offenbar infolge dieses Umstandes waren die magnetischen Eigenschaften unverhältnismäßig schlecht, die Koerzitivkraft groß, die Magnetisierbarkeit klein; eigentümlicherweise stieg diese letztere aber bei der Erwärmung zwischen 200° und 250° ziemlich unvermittelt erheblich an, während bei kohlenstoffhaltigem Material gerade in diesem Temperaturgebiet umgekehrt ein starker Abfall einzutreten pflegt, da hier der magnetische Umwandlungspunkt für das Eisenkarbid Fe_3C liegt.

Den Einfluß des Stickstoffs bespricht in seiner schon erwähnten Veröffentlichung B. Strauß[8]), dem es gelang, gewöhnliches und mit Silizium legiertes Eisen durch Glühen zwischen 600° und 800° im Ammoniakstrom sehr erheblich (bis zu 0,1%) mit Stickstoff anzureichern. Der Erfolg war der, daß bei gewöhnlichem Eisen die Hystereseschleifen erheblich breiter und niedriger wurden, aber unverzerrt blieben (vgl. Abb. 23), während bei legiertem Material eine außerordentlich auffällige, von der Dauer der Vorbehandlung abhängige Verzerrung durch Verbreiterung der Schleife an der Stelle des Knies eintrat (Abb. 24) Ähnliche Kurven sind übrigens in der Reichsanstalt bei stickstofffreiem Eisen schon vorher künstlich hergestellt worden[11]).

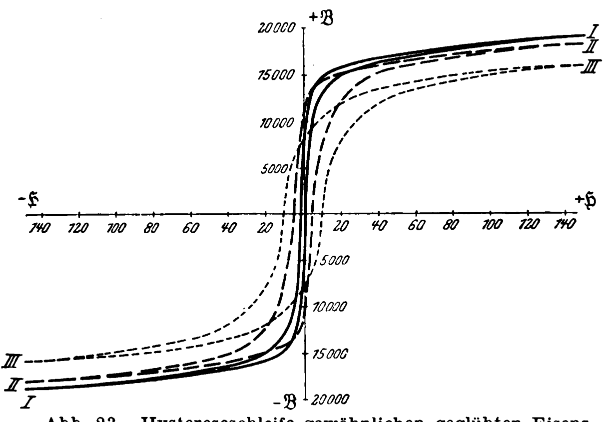


Abb. 23. Hystereseschleife gewöhnlichen geglühten Eisens.

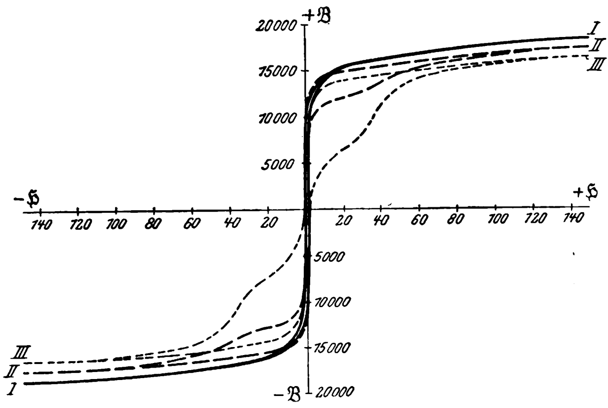


Abb. 24. Hystereseschleife legierten geglühten Eisens.

Gehalt an Mn, Cr, Wo. Den Einfluß der Temperaturbehandlung auf die magnetischen Eigenschaften des Manganstahls mit etwa 12% Mangan und etwa 1,2% Kohlenstoff untersuchten Hadfield und Hopkinson[12]) und zeigten unter anderem, daß das nach rascher Abkühlung praktisch unmagnetische Material durch dauernde Erhitzung auf etwa 500° wieder hochmagnetisch gemacht werden und etwa ²/₃ der Sättigungsintensität des reinen Eisens erreichen kann.

Margaret B. Moir[13]) bestimmte die Einwirkung des Chromgehalts (bis 20%) und des Wolframgehalts (bis 12%) auf Remanenz und Koerzitivkraft der permanenten Magnete, wobei sie leider den gleichzeitigen und jedenfalls sehr beträchtlichen Einfluß des 0,4% betragenden Kohlenstoffgehalts ihres Probematerials unberücksichtigt ließ, was den Wert der Untersuchung stark beeinträchtigt. Die vom Referenten früher für reine Kohlenstoffstähle gefundene Erscheinung, daß mit wachsendem Kohlenstoffgehalt nach dem Abschrecken die Koerzitivkraft steigt, die Remanenz aber gleichzeitig abnimmt, gilt hiernach auch für die abgeschreckten Chromstähle bis zu 16% Chromgehalt (Höchstwert der Koerzitivkraft 56 Gauß), während bei zunehmendem Wolframgehalt die Remanenz nahezu unverändert bleibt, worauf ja gerade die Brauchbarkeit der Wolframstähle für die permanenten Magnete in erster Linie beruht. Die Magnetisierungsintensität sinkt mit wachsendem Chromgehalt in sehr viel höherem Maße, als man nach dem vom Chrom als unmagnetischem Fremdkörper im Eisen eingenommenen Raum vermuten sollte, beispielsweise für eine Feldstärke von 150 Gauß von $J = 1080$ bei 1% Legierung auf $J = 400$ bei 20%.

Druck und Zug. Bekanntlich hängen die magnetischen Eigenschaften des Eisens nicht nur von der chemischen Reinheit und der thermischen Vorbehandlung ab, sondern auch von dem Zug bzw. Druck, dem die Probe während des Magnetisierungsvorgangs unterworfen ist. Die bisherigen Untersuchungen nach dieser Richtung bezogen sich meist nur auf mehr oder weniger stark gespannte Drähte; Smith und Sherman[14]) dehnten sie auch aus auf 1 cm dicke Stäbe, die während der Untersuchung im Burrowschen Joch vermittelst der herausragenden Enden einem Maschinenzug bis zu 2500 kg/cm² und einem Druck bis zu 1000 kg/cm² unterworfen werden konnten. Das Versuchsergebnis läßt sich folgendermaßen leicht übersehen: Geht man bei einer konstanten, geringen Feldstärke von einem hohen Druck aus und vermindert denselben allmählich bis Null, so nimmt die Permeabilität ständig zu; sie wächst auch noch weiter, wenn man nun zum Zug übergeht, erreicht bei einem bestimmten Zug ein Maximum (Villarischer Punkt), um dann wieder abzunehmen. Bei höheren Feldstärken kann dieser Umkehrpunkt allerdings schon beim Zug 0 liegen. Nach Williams[15]) besteht beim Eisen zwischen dem sog. Jouleeffekt (Längenänderung durch Magnetisierung) und dem Villarieffekt ein deutlicher Parallelismus insofern, als Stäbe, die nur eine Verlängerung bei der Magnetisierung erfahren, auch mit zunehmendem Zug nur eine Zunahme der Permeabilität aufweisen und umgekehrt.

Temperatureinfluß. Bekanntlich unterscheidet man bei einer gewöhnlichen Magnetisierungskurve drei charakteristische Teile, nämlich einen schwach ansteigenden, welcher der sog. Anfangspermeabilität entspricht, sodann einen sehr steilen, der oberhalb des sog. Knies wieder in einen immer schwächer ansteigenden, der Sättigung zustrebenden dritten Teil übergeht; hierbei nimmt man an, daß die beiden schwach ansteigenden Teile wesentlich den reversibeln, der stark ansteigende Teil den irreversibeln molekularen magnetischen Vorgängen entspricht. Ashworth[16]) bestimmte zunächst die Änderung dieses Verlaufs mit wachsender Temperatur, infolge deren der erste Teil immer mehr zusammenschrumpft, die Kurve also von Anfang an immer steiler ansteigt, aber auch der schließlich erreichte Sättigungswert immer geringer wird. Dies nahezu völlige Verschwinden des ersten Teils erhält man, wie wohl Gerosa und Finzi zuerst zeigten, auch bei gewöhnlicher Temperatur, wenn man durch den zur magnetischen Aufnahme dienenden Versuchsdraht in der Achsenrichtung einen Wechselstrom von bestimmter Stärke schickt. Auch diese Verhältnisse untersuchte Asworth bei verschiedenen Temperaturen bis zur Umwandlungstemperatur des Eisens (ca. 770⁰) bzw. des Nickels (ca. 360⁰) und konnte dabei manche interessante Einzelheiten feststellen; beispielsweise sank der Umwandlungspunkt des Nickels durch die Anwendung des Wechselstroms erheblich, bis zu 100⁰.

Mit dem ersten der obenerwähnten Teile der Magnetisierungskurve, der Anfangspermeabilität in Abhängigkeit von der Temperatur, beschäftigt sich eine Untersuchung von Weiß und Renger[17]), die an Ringen aus Eisen und aus künstlich hergestelltem Magnetit (Fe_3O_4) durchgeführt wurde. Während die theoretischen Folgerungen und Formeln wohl kaum einwandfrei sein dürften, haben die experimentellen Ergebnisse auch praktische Bedeutung. Unter anderem gelang es den Verfassern, durch wiederholtes, abwechselndes Erhitzen des Versuchsmaterials über den Umwandlungspunkt und Abkühlen unter diesen den Wert der Anfangspermeabilität von etwa 100 auf 755 zu steigern, während der höchste bisher bekannte Wert etwa 500 betrug. Leider aber erwiesen sich die erzielten Verbesserungen als unbeständig, denn schon durch bloßes Lagern des Materials ging die Anfangspermeabilität sehr stark zurück. Sodann fanden die Verfasser für das sog. Altern der Bleche (Verschlechterung der magnetischen Eigenschaften durch Erwärmen) zwei besonders gefährliche Temperaturgebiete zwischen 90⁰ und 150⁰ und oberhalb 330⁰. Diese Temperaturen sollen also nach der Vorschrift der Verfasser beim Abkühlen des Materials rasch durchlaufen werden, um das Altern zu verhüten. Bei der namentlich für Transforma-

torbleche erheblichen praktischen Wichtigkeit dieser Alterungserscheinungen, über welche bisher noch so gut wie gar nichts bekannt ist, dürfte eine eingehendere Untersuchung dieser Verhältnisse von bedeutendem Wert sein.

Magnetisierung bei raschen Wechseln. Eine weitere, für den Transformatorenbau wichtige Frage ist die, ob die Magnetisierbarkeit und der Hystereseverlust von Eisen bei rasch wechselnder Magnetisierung dieselben bleiben, wie bei langsam durchlaufenen Zyklen, der sog. statischen Magnetisierung. Für Wechsel bis zu 50 Perioden in der Sekunde, die für unsern gewöhnlichen Transformatorenbetrieb in Betracht kommen, ist dies durch frühere Untersuchungen unbedingt sichergestellt, und scheinbare Abweichungen sind auf die Einwirkung der Wirbelströme zurückgeführt; mit steigender Periodenzahl jedoch wird die Beantwortung dieser Frage immer schwieriger und unsicherer.

Guye[18]), Schidloff[19]) und Mlle Albert[18])[19]) untersuchten dies an Ringen aus Draht von nur 0,04 mm Dicke, bei dem sie den Einfluß von Wirbelströmen vernachlässigen zu dürfen glaubten, mit Hilfe des Elektrometers bei 300, 600, 900 und 1200 Per/s und verwendeten dabei Sekundärspulen, deren Windungszahlen im Verhältnis von 4:3:2:1 standen. Aus der Tatsache, daß sie unter diesen Umständen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler an den Enden der Sekundärspulen stets die gleiche Spannung erhielten, konnten sie schließen, daß die Induktion im Eisen bei den verschiedenen Periodenzahlen ungeändert blieb, und ebenso ergab es sich, daß innerhalb der erwähnten Periodenzahlen der Hystereseverlust nicht von der Frequenz abhing.

Für sehr viel höhere Schwingungszahlen bis 120000, wie sie in der drahtlosen Telegraphie Verwendung finden, führte Faßbender[20]) die früher gemeinsam mit Hupka an Eisenringen gemachten Versuche auch mit Heuslerschen Legierungen durch, die ja allerdings viel weniger magnetisierbar sind als reines Eisen, dafür aber einen sehr viel höheren elektrischen Widerstand besitzen, so daß die Wirbelströme und damit der störende Hauteffekt erheblich verringert werden. Gleichwohl erwiesen sich diese doch noch so stark, daß beispielsweise für eine Feldstärke von 21 Gauß für 47000 bzw. 119000 Perioden die mittlere Permeabilität auf 5 bzw. 3 sank, während sie bei langsamem Wechsel 62 betragen hatte, und da sich dies Material kaum so dünn wird auswalzen lassen, wie etwa legiertes Blech, dürfte seine praktische Verwendung schwerlich in Betracht kommen. Ein Versuch Faßbenders, die Verteilung der Feldstärke und der Induktion über den Querschnitt des Ringes rechnerisch zu verfolgen, erwies sich als sehr schwierig und gelang nur unter der unzutreffenden Annahme einer konstanten Permeabilität über den Querschnitt hinweg; die durch eine Art von Exponentialfunktion darstellbare Verteilung gibt also auch nur den allgemeinen Charakter derselben angenähert wieder.

Eisenprüfung. Die zur Ausführung magnetischer Messungen vorgeschlagenen Anordnungen sind zwar ziemlich zahlreich, aber nur zum Teil neu und für den praktischen Gebrauch wertvoll.

Ytterberg[21]) gibt eine Neukonstruktion der von Evershed und Vignoles erdachten Meßmethode. Letztere beruht darauf, daß der Probestab oder Ring mit zwei Primärwicklungen versehen wird, von denen die eine zur dauernden Herstellung der maximalen Feldstärke dient, die andere dagegen zur Schwächung dieses Feldes bis zu Null herunter und darüber hinaus bis zum gleich hohen, entgegengesetzten Maximum. Man kann also auf diese Weise Hystereseschleifen, vom Maximum beginnend, sprungweise durchlaufen und dazwischen stets bei Unterbrechung des zweiten Stromkreises wieder das ursprüngliche Maximum kontrollieren, was natürlich bei der gewöhnlichen Aufnahme einer Hystereseschleife mittels Änderungen in Stufen nicht möglich, zumeist aber auch nicht erforderlich ist; jedoch bedarf man dazu zweier Stromkreise und zweier Stromquellen. Ytterberg vermeidet diesen Übelstand durch eine sehr sinnreiche, aber auch recht verwickelte Schaltvorrichtung, die sich wohl ebensowenig in der Praxis einbürgern dürfte wie die ursprüngliche Anordnung von Evershed und Vignoles.

Schübbe[22]) gibt eine für die Technik ganz brauchbare Darstellung der ballistischen Aufnahmen von Magnetisierungskurven am Ring und an 2 cm dicken Stäben, die auch zu Zerreißversuchen dienen können, im Joch. Die Tatsache, daß er die Verwendung eines Zeigergalvanometers vorsieht und die notwendige Scherung, natürlich ziemlich ungenau, aus dem Widerstand von Joch und Luftschlitzen berechnet, zeigt den rein technischen Charakter der Anordnung, die übrigens bei etwa gleicher Genauigkeit weniger bequem sein dürfte als der bekannte, von der Firma Siemens & Halske hergestellte Magnetisierungsapparat nach Köpsel-Kath. Dasselbe gilt von der von Schübbe[23]) vorgeschlagenen Einrichtung zur Prüfung von Blechen im Epsteinschen Apparat, welche der ebenfalls von der Firma Siemens & Halske ausgeführten Differentialeinrichtung von van Lonkhuyzen, über welche früher berichtet wurde, zweifellos erheblich nachsteht.

Die von Lignana[24]) beschriebene und theoretisch begründete Anordnung zur Messung der Hysteresearbeit mit dem ballistischen Dynamometer mag für gewisse Fälle recht brauchbar sein, ist aber nicht neu, sondern deckt sich ziemlich genau mit der schon im Jahre 1902 von Searle und Bedford in den Transact. of the Roy. Soc. beschriebenen Methode, was dem Verfasser nicht bekannt gewesen zu sein scheint.

Meacock und Riley[25]) beschäftigen sich mit den Fehlerquellen des Ewingschen Hysteresemessers, welcher darauf beruht, daß das zu untersuchende Probebündel zwischen den Polen eines auf Spitzen gelagerten Magnets gedreht wird und diesen um einen dem Hystereseverlust etwa entsprechenden Winkel mitnimmt. Besonders die auch von den Verfassern diskutierte sehr ungleichmäßige Verteilung der Induktion in dem Probebündel läßt das in Deutschland wenig verwendete Instrument nur zu ganz bestimmten Zwecken brauchbar erscheinen, z. B. zu rasch ausführbaren Vergleichungen, bei denen es auf größere Genauigkeit nicht ankommt.

Die vielseitige Verwendbarkeit des im vorigen Jahrgang besprochenen magnetischen Spannungsmessers von Rogowski und Steinhaus, der von der Firma Siemens & Halske hergestellt wird, beleuchtet Goltze[26]) aufs neue durch verschiedene Versuche. Er weist unter anderem nach, daß auch die Untersuchung von Blechbündeln, stabförmigen Eisenproben usw., zwischen den Polen einer jochartigen Vorrichtung (Drosselspule, Transformator u. dgl.) recht genaue Werte liefert, wenn man dafür sorgt, daß zwischen den Enden des Spannungsmessers der Induktionsfluß hinreichend gleichmäßig ist. Das hauptsächlichste Anwendungsgebiet dürfte jedoch für die Elektrotechnik die Prüfung fertiger Gegenstände, wie Polgehäuse u. dgl., sein, für welche eine andere, einigermaßen genaue Methode überhaupt nicht existiert. Die bei der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft verwendeten Hilfseinrichtungen werden eingehend beschrieben.

Eine für genaue magnetometrische Messungen bestimmte Astasierungsvorrichtung des Magnetometers gibt Gumlich[27]) an. Sie besteht in einer aus zwei Teilen zusammengesetzten ringförmigen Hohlspule, welche über das Magnetometer geschoben und so gedreht wird, daß ihre Ebene mit der Richtung des magnetischen Meridians zusammenfällt. Mittels eines durch die Spule gesandten Stromes kann man nun die Richtkraft des Erdfeldes innerhalb der Spule in einfachster Weise beliebig abschwächen oder verstärken und somit die Empfindlichkeit des Magnetometers beliebig verändern. Von demselben Verfasser[28]) stammt eine Vorrichtung zur Messung hoher Induktionen im Joch, die auf einer Verbindung der gewöhnlichen Jochmethode mit der bekannten Ewingschen Isthmusmethode beruht und mit einfachen Hilfsmitteln Messungen bis zu Feldstärken von etwa 7000 Gauß durchzuführen gestattet. Als Proben dienen die auch für die sonstigen Jochmessungen verwendeten 6 mm dicken zylindrischen Stäbe oder 15 mm breite Blechstreifen, so daß es nunmehr möglich ist, mit demselben Apparat und an demselben Probestück Magnetisierungskurven von Null an bis ins Gebiet der Sättigung hinein aufzunehmen. In der Reichs-

anstalt werden mit diesem Apparat dauernd Prüfungen für die Technik ausgeführt.

Schließlich sei noch ein außerordentlich interessanter Versuch von Deslandres und Pérot[29]) erwähnt, denen es gelang, ebenfalls innerhalb eines jochartig gebauten Elektromagnets von nur 30 kg Gewicht durch Anwendung außerordentlich hoher Ströme in besonders gekühlten Spulen Feldstärken von etwa 50000 Gauß zu erzielen, die sonst nur bei den größten und schwersten Elektromagneten erreicht werden konnten. Allerdings ist der Raum innerhalb dessen diese hohe Feldstärke herrscht, sehr klein und von außen kaum zugänglich, doch dürfte sich das verwendete Prinzip für die Weiterbildung der gewöhnlichen Elektromagnettypen sicherlich als fruchtbar erweisen.

[1]) Hayes, Phys. Rev. R 2, Bd, 3 S 295; 1913. — [2]) Philipp, Diss. Rostock 1914. — [3]) Perrier and Kamerlingh Onnes, Onnes Comm. Nr 139d, Proc. Amsterdam, Bd 16, S 901. — [4]) Kamerlingh Onnes, Onnes Comm. Nr 140d, Proc. Amsterdam Bd 17, S 283. — [5]) Benedicks, Journ. of the Iron and Steel Inst. 1914, Nr 1. — [6]) Kôtarô Honda u. Hiromu Takagi, Science Rep. Tôhoku Univ. Bd 2, S 203. — [7]) Burgess u. Crowe, Stahl u. Eisen 1914, S 727. — [8]) Strauß, Stahl u. Eisen 1914, Nr 50. — [9]) Yensen, Bull. Univ. of Illinois Nr 72; Stahl u. Eisen 1914, S 1637. — [10]) Dejean, Bull. Soc. Intern. des El. R 3, Bd 4, S 11. — [11]) Gumlich, El. Masch.-Bau 1914, S 321. — [12]) Hadfield u. Hopkinson, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 304. — [13]) Moir, Phil. Mag. R6, Bd 27, S 830; Bd 28, S 738. — [14]) C. M. Smith u. Sherman, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 267. — [15]) Williams, Phys. Rev. R 2, Bd 4, S 288. — [16]) Ashworth, Phil. Mag. R 6, Bd 27, S 357. — [17]) Weiß u. Renger, Arch. El. Bd 2, S 406. — [18]) Guye u. Mlle Albert, Arch. scient. phys. et nat. R 4, Bd 37, S 20. — [19]) Schidloff u. Mlle Albert, Arch. scient. phys. et nat. R 4, Bd 37, S 117. — [20]) Faßbender, Arch. El. Bd 2, S 475. — [21]) Ytterberg, Arch. El. Bd 2, S 239. — [22]) Schübbe, El. Masch.-Bau 1914, S 163. — [23]) Schübbe, El. Masch.-Bau 1914, S 461. — [24]) Lignana, El. Masch.-Bau 1914, S 255. — [25]) Meacock u. Riley, Electr. (Ldn.) Bd 73, S 494. — [26]) Goltze, Arch. El. Bd 2, S 303. — [27]) Gumlich, Arch. El. Bd 2, S 472. — [28]) Gumlich, Arch. El. Bd 2, S 461. — [29]) Deslandres u. Pérot, Compt. Rend. Bd 158, S 226; Bull. Soc. Intern. des El. R 3, Bd 4, S 307.

XV. Messung elektrischer Lichtquellen.

Von Patentanwalt Dr.-Ing. B. Monasch.

Voege[1]) hat die photoelektrische Alkalizelle von Elster und Geitel, deren Empfindlichkeitskurve der Form nach der Empfindlichkeitskurve des menschlichen Auges ähnlich ist, jedoch das Maximum (anstatt wie beim Auge im Gelbgrünen) im Blauviolett zeigt, dadurch für die praktische Photometrie geeigneter gemacht, daß er als Filter absorbierende Stoffe einschaltete, welche das ursprüngliche Maximum der Empfindlichkeitskurve fortnehmen und ein neues Maximum schaffen, welches gegen das erste entsprechend verschoben ist. Eine derartige Zelle ist zur Vornahme folgender Messungen geeignet: zur Photometrie elektrischer Glühlampen jeder Art, zur Photometrie von Gasglühlichtern, zur Messung kleiner Hand-, Taschen- und Grubenlampen, zur Registrierung von Lichtschwankungen, zu Relativmessungen jeder Art, z. B. zur Aufnahme der Lichtverteilungskurve, zur Bestimmung der mittleren Lichtstärke von Bogenlampen, zur Untersuchung des Einflusses von Glocken und Reflektoren.

Halbertsma[2]) hat Untersuchungen über die Lichtverteilung der Glühlampe und die Mittel zu ihrer Beeinflussung angestellt und gelangt insbesondere durch die Zerlegung der Lichtquellen in elementare Lichtquellen und durch die Betrachtung der Lichtstromdiagramme dieser elementaren Lichtquellen zu einer wertvollen Betrachtungsweise.

v. Glinski[3]) entwickelte unter Benutzung der Högnerschen Diagramme für das Verhältnis der geringsten Beleuchtung zur mittleren Beleuchtung in

einer Lampenreihe Formeln, um die günstigste Beleuchtung in dem häufig vorkommenden Fall zu ermitteln, daß die Lampen in einer Reihe stehen und die Beleuchtung in der Lampenreihe ausschlaggebend ist.

Buyes[4]) nahm die Lichtverteilungskurve an einem Ringelement der Mooreschen Röhre auf und gelangt zu dem Ergebnis, daß das Moorelicht als Volumenleuchten im Gegensatz zum Oberflächenleuchten der Glühlampen betrachtet werden muß. Der bei den Glühlampen zur Beurteilung übliche Maßstab für die Lichtstärke, und zwar die mittlere horizontale, läßt sich nicht auf das Moorelicht anwenden; infolgedessen führt auch ein Vergleich des spezifischen Verbrauches dieser beiden Arten von Lichtquellen auf der Grundlage der mittleren horizontalen Lichtstärke zu einem unrichtigen Ergebnis. Nur die Bezugnahme des Verbrauches auf die erzeugte mittlere Bodenbeleuchtung gibt unter denselben Bedingungen für die beiden Arten von Lichtquellen ein richtiges Bild von ihrem spezifischen Verbrauch.

[1]) Voege, Z. Beleucht. 1914, S 126. — [2]) Halbertsma, Verb. Mitt. d. Vereinig. Dresd. Bez. V. D. I. u. Dresd. Elektr. Verein 1915, Heft 2. — [3]) v. Glinski, ETZ 1914, S 113. — [4]) Buyes, ETZ 1914, S 57.

XVI. Elektrochemie

(wissenschaftlicher Teil).

Von Prof. Dr. K. Arndt.

Leitfähigkeit.

Reines Wasser. Bei sehr verdünnten wäßrigen Lösungen spielt die eigene Leitfähigkeit des Lösungsmittels eine wichtige Rolle. Um diesen unerwünschten, hauptsächlich durch Verunreinigungen (Salze, Kohlensäure) verursachten Einfluß bei den Messungen möglichst zurückzudrängen, reinigt man das „Leitfähigkeitswasser" sehr sorgfältig durch Destillieren, nachdem man zum Zurückhalten flüchtiger basischer Verunreinigungen (Ammoniak) das Wasser angesäuert oder zum Zurückhalten saurer Dämpfe alkalisch gemacht hat. Aus dem Destillat wird die aus der Luft stammende Kohlensäure nachträglich entfernt, indem man viele Stunden lang Luft, welche durch Kalilauge von ihrer Kohlensäure befreit ist, in langsamem Strome durch das Wasser leitet. Um größere Mengen besten Leitfähigkeitswassers zu gewinnen, hat Th. Paul[1]) einen kupfernen, innen verzinnten Destillierapparat angegeben, der binnen 5 Stunden 9 bis 10 l Wasser von der spezifischen Leitfähigkeit $\varkappa = 0{,}8 \cdot 10^{-6}$ liefert.

Die nicht wäßrigen Lösungen sind besonders von P. Walden[2]) eingehend erforscht worden. Er hat unter anderem auch die von Nernst aufgestellte Regel geprüft, daß Lösungsmittel mit großer Dielektrizitätskonstante auch eine große dissoziierende Kraft besitzen, also gutleitende Lösungen von Elektrolyten liefern. Walden stellte fest, daß die Leitfähigkeit ein und desselben Elektrolyts in verschiedenen Lösungsmitteln mit wachsender Dielektrizitätskonstante steigt und mit zunehmender innerer Reibung fällt. Auch Lösungsmittel mit sehr kleiner Dielektrizitätskonstante, z. B. Benzol $\varepsilon = 2{,}3$ (dagegen Wasser 80), können Salzlösungen mit meßbarer Leitfähigkeit bilden. Beim Verdünnen tritt ein Minimum der molaren Leitfähigkeit auf, dessen Ort bei um so höherer Verdünnung liegt, je kleiner ε ist. Besonders auffällig ist jenes Fallen der molaren Leitfähigkeit λ mit wachsender Verdünnung (während λ bei wäßrigen Lösungen mit der Verdünnung bis zum Grenzwert $\lambda\infty$ asymptotisch ansteigt) von A. Sachanow[3]) bei Lösungsmitteln mit kleinem ε festgestellt worden. Für derartige Untersuchungen bietet die organische Chemie eine fast unerschöpfliche Zahl von Lösungsmitteln, aber die Auswahl an geeigneten Elektrolyten ist eng begrenzt, weil fast alle anorganischen Salze sich in organischen Flüssigkeiten wenig oder gar nicht lösen.

Feste und geschmolzene Salze. C. Tubandt[4]) hat seine bereits im Jahrbuche für 1912 erwähnten Messungen mit Silber- und Thallosalzen an zugänglicherer Stelle ausführlich veröffentlicht. Aus der Leitfähigkeitdes Jodsilbers, welche unterhalb des Schmelzpunktes größer ist als oberhalb, folgert er, daß das feste Jodsilber stärker als das geschmolzene in Ionen gespalten ist.

Elektromotorische Kraft.

Elektrodenpotentiale. Platinelektroden, welche in die Lösung eines Oxydationsmittels, z. B. Eisenchlorid, oder eines Reduktionsmittels, z. B. Eisenchlorür, oder ein Gemisch von beiden tauchen, nehmen ein bestimmtes Potential (gegen eine geeignete Normalelektrode) an, welches man darauf zurückführen kann, daß die unangreifbare Elektrode sich aus dem Elektrolyt mit Sauerstoff oder Wasserstoff in entsprechendem Grade belädt. So sollte sich auch in einem Gemisch von Ferri- und Ferrozyankaliumlösung ein Potential einstellen, das nur vom Konzentrationsverhältnis des Ferri- zum Ferrozyanid abhängt. Erich Müller[5]) findet aber in Bestätigung älterer Beobachtungen dieses Potential unbestimmt, weil es auch von den einzelnen Konzentrationen abhängt. Der Grund dieser Verwicklung liegt darin, daß die Dissoziationsverhältnisse der beiden Salze von den besonderen Umständen abhängen und durch Zusatz scheinbar unbeteiligter Elektrolyte, z. B. Kaliumchlorid, verschoben werden.

Auch in manchen anderen Fällen stellt sich bei genauem Zusehen der Sachverhalt als weniger einfach heraus. Nicht wenige in der Literatur vorhandene und neue Potentialmessungen haben wegen ihrer Zufälligkeit nur sehr bedingten Wert.

Ketten. H. v. Steinwehr[6]) hat durch sehr sorgfältige thermochemische Messungen und Rechnungen die von Jaeger für das Weston-Normalelement aufgestellte Temperaturformel bestätigt und die gegen sie von Cohen erhobenen Einwände widerlegt.

Merkurosulfat für Normalelemente wird seit kurzem unter Aufsicht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von der Chemischen Fabrik de Haen in Seelze bei Hannover hergestellt und in Flaschen mit Bleiverschluß, unter einer gesättigten Kadmiumsulfatlösung aufbewahrt, in den Handel gebracht.

Äußere Einflüsse. Der Einfluß äußeren Druckes auf die elektromotorische Kraft ist von G. Timofejew[7]) an einigen Ketten bis zu 1500 Atm. aufwärts geprüft und die von der Theorie geforderte Beziehung $E\pi - E_0 = 1{,}05 \cdot 10^6 \pi (v_1 - v_2)$ bestätigt worden (π = Druck in Atmosphären, $v_1 - v_2$ die Volumenänderung in cm^3, welche in der Kette beim Durchgange der 1 g-Äquivalent umsetzenden Strommenge 96500 Coulomb eintritt).

Den Einfluß des magnetischen Feldes auf die EMK hat W. Rathert[8]) geprüft. Vor 30 Jahren hatte Groß gefunden, daß eine Potentialdifferenz auftritt, wenn von zwei Eisenplatten, welche in eine Flüssigkeit tauchen, die eine magnetisiert wird. Gegenüber den einander widersprechenden Erklärungsversuchen stellt Rathert fest, daß Konzentrationsänderungen in der Flüssigkeit die Ursache sind. Wenn z. B. die beiden Eisenplatten in verdünnte Schwefelsäure tauchen, so umgibt sich die magnetisierte Platte bald mit einer Hülle von Eisensulfat, weil dieses stärker magnetisch ist als die Säure. Deshalb wird auch auf einer Eisenplatte, welche mit Kupfersulfatlösung bedeckt ist, am wenigsten Kupfer an den Stellen stärkster Magnetisierung abgeschieden.

Passivität. Der Streit, ob der passive Zustand, bei welchem z. B. Eisen sich in Säure nicht löst und ein viel edleres Potential als gewöhnlich zeigt, auf einer das Eisen umhüllenden Decke von Oxyd oder Sauerstoff in sonst einer Form beruht, oder ob er der natürliche Zustand des Eisens ist, das nur durch einen Wasserstoffgehalt aktiv gemacht wird, dauerte auch 1914 an. W. Rathert[9]) ist ein entschiedener Anhänger der Wasserstofftheorie; er führt gegen die Oxydtheorie unter anderem seine Beobachtung ins Feld, daß metallisches Chrom, welches in einer Wasserstoffatmosphäre abgeschmirgelt wurde, sich passiv zeigte. Auf der Gegenseite spricht Fr. Flade[10]) die Vermutung aus,

daß das im Wasserstoff abgeschmirgelte Metall beim Eintauchen in den wohl lufthaltigen Elektrolyt sofort wieder passiv wurde, wozu beim Chrom schon Spuren von Sauerstoff genügen. Umgekehrt konnte Flade zeigen, daß man an Chrom durch mäßige kathodische Polarisation Wasserstoff sichtbar entwickeln kann, ohne daß das Chrom aufhört, passiv zu sein. Gegen die ältere wichtige Beobachtung Flades, daß ein durch Ausglühen im Vakuum von Wasserstoff befreiter Eisendraht sich aktiv zeigte, wendet Rathert ein, daß es nicht möglich sei, durch Ausglühen allen Wasserstoff zu entfernen, so daß auch in diesem Falle Spuren von Wasserstoff die Aktivität bewirkten. Diesen Einwand hält Flade nicht für stichhaltig; denn erstens werde beim Ausglühen im Vakuum der Wasserstoff so vollständig entfernt, daß sich keine Spur davon mehr im Eisen nachweisen lasse, und zweitens sei die Behauptung, daß ganz wasserstofffreies Eisen passiv sei, nur eine unbewiesene Vermutung.

Überspannung. Das Potential, bei welchem Wasserstoffgas an der Kathode durch den elektrischen Strom entwickelt wird, ist je nach dem Metalle, aus welchem die Kathode besteht, und nach der Beschaffenheit ihrer Oberfläche (ob rauh oder glatt) verschieden. Caspari hat seinerzeit dieses Potential, z. B. bei Blei, um 0,64 V höher als bei platiniertem (d. h. mit einer dünnen Schicht fein verteilten Platins bedecktem) Platin gefunden. Wegen dieser 0,64 V betragenden Überspannung wird z. B. beim Laden eines Akkumulators am negativen Pol nicht Wasserstoff entwickelt, sondern Blei abgeschieden, und erst, wenn das Bleisulfat zu Blei reduziert und die Spannung weiter gesteigert ist, entweicht Wasserstoffgas. Nach dieser „Bläschenmethode", welche das Potential feststellt, bei welchem Wasserstoffbläschen an der Kathode sichtbar werden, haben A. Thiel und E. Breuning[11]) die Überspannung einer Reihe von reinen Metallen möglichst genau gemessen. Sie verbesserten die Methode, indem sie die Spitze des als Kathode dienenden Drahtes nach oben kehrten, so daß sich keine Blase hinter der Elektrode der Beobachtung entziehen konnte. Sie legten ferner umgekehrt wie Caspari bei fallender Spannung das Potential fest, bei welchem die Blasenbildung aufhört (wodurch Verzögerungserscheinungen ausgeschaltet werden), und benutzten drittens, damit ja kein anderes Gas im Elektrolyt (verdünnter Schwefelsäure) auftrat, eine Anode aus amalgamiertem Zink. An möglichst rauher Oberfläche fanden sie folgende Werte der Überspannung (in 1 molarer Schwefelsäure):

Platin . . .	0,000 V	Nickel . . .	0,138 V
Gold	0,017 V	Retortenkohle	0,143 V
Silber . . .	0,097 V	Eisen . . .	0,175 V
Kupfer . . .	0,135 V	Graphit . .	0,335 V

Die Unsicherheit dieser Werte ist zu weniger als 0,007 V angegeben. Bei glattem Platin wurde die Überspannung 0,081 V, bei glattem Gold 0,19 V gefunden. In Normalnatronlauge ergab sich für Eisen 0,087 V. Diese Zahlen sind niedriger als die von Caspari gefundenen Werte, bestätigen aber andere in der Literatur vorhandene Messungen. Die sog. Knickmethode, bei welcher man, von sehr niedrigen Spannungen ausgehend, das an die Elektrode gelegte Potential allmählich steigert, bis der zunächst sehr schwache, von der Zelle durchgelassene Strom rasch ansteigt, und dann den Ort, wo die Stromspannungskurve (auf der X-Achse die Volt, auf der Y-Achse die Milliampere aufgetragen) steil anzusteigen beginnt, zu ermitteln sucht, war für den erstrebten Zweck zu ungenau.

Um zu erkennen, ob etwa die Überspannung, für welche man bisher noch keine sichere Erklärung gefunden hat, auf einer äußerlichen Erschwerung der Bläschenbildung beruht, setzten Thiel und Breuning dem Elektrolyt Stoffe zu, welche die Oberflächenspannung des Wassers erniedrigen, z. B. Äther, Buttersäure, Amylalkohol; es zeigt sich aber, daß im Gegenteil diese Zusätze die Überspannung erhöhten, was die Verfasser durch besondere Annahmen zu erklären suchen.

Vorgänge an Diaphragmen. A. Bethe und Th. Toropoff[12]) haben die Vorgänge an Diaphragmen aus Pergament, Kollodium, Gelatine, Eiweiß, Agar, Kohle oder Ton während der Elektrolyse studiert. Auf Grund ihrer Beobachtungen fassen sie die Diaphragmen als Systeme von Porenkanälen auf. In den Poren wird ein Teil der Ionen an der Wand festgehalten (adsorbiert), ein anderer Teil bleibt inmitten der Porenkanäle beweglich, und zwar ein um so größerer Teil, je konzentrierter die betreffende Salzlösung ist. Weil die Adsorption die Kationen und die Anionen je nach ihrer Wertigkeit verschieden bindet, erscheint eine neutrale Salzlösung beim Austritt aus dem Diaphragma nicht mehr ebenso neutral wie zuvor, sondern je nachdem ein wenig alkalischer oder saurer.

Elektrolyse.

Elektrolyse mit Wechselstrom. Der Einfluß, welchen übergelagerter Wechselstrom auf die Gleichstromelektrolyse ausübt, ist von neuem durch O. Reitlinger[13]) untersucht worden. Durch den übergelagerten Wechselstrom wird bei der Elektrolyse von Schwefelsäure die Bildung von Perschwefelsäure zurückgedrängt, die Ozonbildung begünstigt. Diese Wirkung beruht darauf, daß durch den negativen Stromstoß das Anodenpotential herabgedrückt wird. Deshalb entsteht auch bei der Elektrolyse von Alkoholen Aldehyd anstatt Säure. Bei hoher Wechselzahl ist diese Wirkung schwächer. Statt durch Wechselstrom konnte Reitlinger diese depolarisierende Wirkung auch durch negative Stromstöße eines oft unterbrochenen Gleichstroms hervorrufen.

Ventilzellen. Die Beobachtung Zennecks, daß die Gleichrichterwirkung elektrolytischer Ventilzellen mit steigender Wechselzahl abnimmt, wird von Günther Schulze und R. Lindemann[14]) durch die elektrostatische Kapazität und die Mindestspannung dieser Ventile aufgeklärt. Von Verunreinigungen des Elektrolyts (Boraxlösung), welche die Ventilwirkung des Aluminiums beeinflussen, fand Günther Schulze[15]) Natriumchlorid besonders schädlich. Schon 0,05% davon stören die Formierung schwer und greifen das Aluminium an einzelnen Stellen unter Bildung warziger Schorfe an; bei Dauerbetrieb wird die Aluminiumelektrode schließlich vernichtet. Von Natriumnitrat sind schon 2% erforderlich, um derartige Störungen und Anfressungen hervorzurufen. Verunreinigung mit Natriumhydroxyd ist am wenigsten gefährlich; wenn aber zuviel davon vorhanden ist, löst sich das Aluminium allmählich; es bleibt dabei blank. Ferner hat Günther Schulze[16]) die Metallabscheidung in Ventilzellen untersucht. Als er Wechselstrom z. B. durch eine Zelle schickte, welche eine Platin- und eine Tantalelektrode in Kupfersulfatlösung enthielt, blieb das Tantal fast ganz blank, während sich am Boden der Zelle Kupfer ansammelte. Das durch den kathodischen Stromstoß abgeschiedene Kupfer wird nämlich durch den entgegengesetzten Stromstoß nur zum Teil wieder gelöst, zum größten Teil blättert es ab. An Aluminium zeigt sich diese Erscheinung nicht so stark, weil es in derartigen Lösungen nur unvollkommen als Ventil wirkt. Eine Theorie der Ventilwirkung wird von Günther Schulze[17]) auf Grund eigener Vorstellungen über die Entladung der Anionen entwickelt. Er unterscheidet bei der echten Ventilwirkung, wie sie zuerst beim Aluminium beobachtet, später auch an Magnesium, Zink, Antimon, Tantal, Wolfram usw. aufgefunden wurde, drei Oxydschichten auf der Metalloberfläche, nämlich dem Aluminium zunächst eine lückenlose Oxydschicht von nur molekularer Dicke und darüber zwei poröse Oxydschichten. Die Poren der inneren Schicht, welche die Ventilwirkung bedingt, sind mit Gas, die der äußeren mit dem Elektrolyt gefüllt. Die heranwandernden Ionen durchdringen nur die äußerste Schicht, finden aber in der Gasschicht einen so hohen Widerstand, daß sie größtenteils ihre elektrischen Ladungen abgeben, welche ihrerseits als freie Elektronen zum Aluminium gelangen.

Entladungen in Gasen. N. Puschin und M. Kantschew[18]) haben den Einfluß der Stromfrequenz und der Temperatur auf die Ozonausbeute im Siemens-Ozonisator untersucht. Sie finden, daß bei gleichbleibender Spannung

die Ausbeute mit der Wechselzahl bis zu einer bestimmten Grenze steigt und dann wieder fällt; diese Grenze liegt für 6500 V bei 1240 Per/s, für 7000 V bei 950 und für 8000 V bei 660 Per/s. Läßt man die Luft rascher strömen, so verschiebt sich die höchste Ausbeute nach der höheren Frequenz hin. Hält man die Frequenz konstant, so steigt (wenn die Frequenz nicht mehr als 800 Per/s beträgt) die Ausbeute, wenn man die Spannung von 6500 bis 8000 V wachsen läßt. Temperaturerhöhung von 0° bis 28° steigert die Ausbeute, weiteres Erwärmen verringert sie.

Paul Max Prausnitz[19]) hat mit Hilfe der stillen elektrischen Entladung aus Wasserstoff und Sauerstoff Wasserstoffperoxyd zusammengesetzt. Um Explosionen zu vermeiden, verwendete er Gemische beider Gase, welche entweder höchstens 3,5% Sauerstoff oder höchstens 5% Wasserstoff enthielten. Das unentzündliche Gemisch von 96,5 Volumen Wasserstoff und 3,5 Volumen Sauerstoff lieferte über 90% der berechneten Menge von Wasserstoffperoxyd, als er es bei —80° der Entladung aussetzte. Das Gemisch von 5 Volumen Wasserstoff mit 95 Volumen Sauerstoff ergab dagegen fast gar kein Wasserstoffperoxyd, weil das hier vornehmlich entstehende Ozon das Peroxyd zerstört.

F. Haber[20]) hat einen Lichtbogen auf wäßrige Schwefelsäure in der Weise einwirken lassen, daß er die Säure in ein U-Rohr füllte, in den einen Schenkel eine Tonzelle einsenkte, welche die eine Elektrode, ein Platinblech, umschloß, und in dem anderen Schenkel die andere Elektrode, einen Silber- oder Platinstab, einige Zentimeter oberhalb des Flüssigkeitsspiegels enden ließ, das U-Rohr mit der Wasserluftpumpe luftleer pumpte und eine Gleichstromspannung von rd. 600 V anlegte. Er fand beim Analysieren der entwickelten Gase stets mehr Wasserstoff, als dem Faradayschen Gesetze entsprach. Im Elektrolyt bildete sich Überschwefelsäure und Carosche Säure, und zwar, wenn der Stab Kathode war, unter Umständen mehr als das Fünffache an aktivem Sauerstoff, als sich aus dem Faradayschen Gesetze ergibt. Haber nimmt zur Deutung vorläufig an, daß sich im Elektrodengefälle ein Oxydationsprodukt des verdampften Wassers bildet, welches die benachbarte Lösung sehr kräftig oxydiert.

[1]) Paul, Z. Elchemie Bd 20, S 179. — [2]) Walden, Bull. Acad. St. Pétersbourg 1913, S 987, 1075. — [3]) Sachanow, Z. Elchemie Bd 20, S 39. — [4]) Tubandt u. Lorenz, Z. phys. Chem. Bd 87, S 513. — [5]) E. Müller, Z. phys. Chem. Bd 88, S 46. — [6]) v. Steinwehr, Z. phys. Chem. Bd 88, S 229. — [7]) Timofejew, Z. phys. Chem. Bd 86, S 113. — [8]) Rathert, Z. Elchemie Bd 20, S 145. — [9]) Rathert, Z. phys. Chem. Bd 86, S 567. — [10]) Flade, Z. phys. Chem. Bd 88, S 307, 569. — [11]) Thiel u. Breuning, Z. anorgan. Chem. Bd 83, S 329. — [12]) Bethe u. Toropoff, Z. phys. Chem. Bd 88, S 686. — [13]) Reitlinger, Z. Elchemie Bd 20, S 261. — [14]) Schulze u. Lindemann, Phys. Z. Bd 15, S 254. — [15]) Schulze, Z. Elchemie Bd 20, S 307. — [16]) Schulze, Ann. d. Phys. R 4, Bd 44, S 1106. — [17]) Schulze, Z. Elchemie Bd 20, S 592. — [18]) Puschin u. Kantschew, J. russ. phys.-chem. Ges. Bd 46, S 576. — [19]) Prausnitz, Z. Elchemie Bd 20, S 204. — [20]) Haber, Z. Elchemie Bd 20, S 485.

XVII. Elektrophysik.

Elektrophysik. Von Dr. Walter Block, Berlin. — Elektromedizin und Elektrobiologie. Von Dr. Gustav Großmann, Berlin.

Elektrophysik.

Von Dr. Walter Block.

Allgemeines, Elektrodynamik. Neuerdings gibt A. Einstein[1]) seiner Relativitätstheorie eine weitreichende Verallgemeinerung und dehnt sie auch auf den Fall anderer als gleichförmiger Bewegungen aus. Das erwies sich als notwendig, da ja in der Natur dieser Fall der Bewegung im kräftefreien Feld nicht vor-

kommt, und wir es bei allen Versuchen mit den Erscheinungen der im beschleunigten, im Gravitationsfeld sich bewegenden Systeme zu tun haben. Der Weg dazu ist etwa der, daß die Überlegungen der ursprünglichen Relativitätstheorie auf ein Zeitelement angewendet werden, woraus dann durch eine Art Summierung die endlichen Gleichungen sich ergeben, welche die folgende Relativitäts- oder Äquivalenzhypothese zum Ausdruck bringen: die Ruhe eines Systems in einem statischen Gravitationsfeld ist einer beschleunigten Bewegung äquivalent in einem von Gravitationsfeldern freien Raum. In dieser neuen verallgemeinerten Gravitationstheorie ist besonders die Rolle der Gravitationskräfte hervorzuheben. Es zeigt sich nämlich, daß die neue Theorie auch in weitgehendem Maße eine Gleichwertigkeit aller gegeneinander mit verschiedenen Geschwindigkeiten rotierenden Körper begründet, während ja die alte Theorie durch die Zentrifugalkräfte das rotierende vom ruhenden System unterscheiden konnte. Jetzt liegen die Verhältnisse so, daß Zentrifugalkräfte und Gravitationskräfte sich wie elektrische und magnetische Kräfte einer bewegten elektrischen Ladung verhalten und daher ineinander verwandelbar sind oder verschiedene Beträge je nach dem System haben, in dem der Beobachter sich befindet. Daraus folgen zwei experimentell nachprüfbare Folgerungen über einen Einfluß des Gravitationsfeldes auf die Lichtgeschwindigkeit, was sich einmal in einer von der Stärke des Feldes abhängenden Krümmung des Lichtstrahles, und zweitens in einer Verschiebung der Spektrallinien äußert. Es ist bisher noch nicht gelungen, beides einwandfrei nachzuweisen.

Mit einem grundlegenden Versuch des Elektromagnetismus, mit der Induktion eines Stromes in einem Drahtstück, das in einem homogenen Magnetfeld bewegt wird, beschäftigt sich A. Gray[2]), der die Theorie derart vervollständigt, daß er die Selbstinduktion der Zuleitungen berücksichtigt. Weiter geht er in dieser Arbeit auf die Theorie der Ampèreschen Molekularströme ein, von denen er nachweist, daß man ihnen eine große Selbstinduktion zuschreiben müsse, um die gewöhnlichen Sätze der Wechselwirkung zwischen geschlossenen Leitern und permanenten Magneten bestehen zu lassen; es stimmt das mit der Ampèreschen Meinung überein. Endlich beschäftigt sich H. Busch[3]) mit den ponderomotorischen Wirkungen des reinen, zirkularen Drehfeldes, wobei er nachweist, daß es auf einen materiellen Körper ein Drehmoment ausübt, das gleich der von diesem Körper aufgenommenen Energie ist, dividiert durch die Winkelgeschwindigkeit des Feldes, woraus sich ohne weiteres eine Anzahl elektrischer, mechanischer und optischer Anwendungen ergeben.

Elektrostatik. Die theoretische Berechnung der Kapazität zylindrischer Körper behandelt W. Deutsch[4]) in einer Arbeit. Dieses für manche praktischen Fälle wichtige Problem läßt sich unter Zugrundelegung der Theorie des arithmetrischen Mittels von Karl Neumann, wie er es zur Lösung elektrostatischer Aufgaben verwandt hat, durch eine graphische Methode lösen und gestattet, die Kapazität solcher Gebilde, auch wenn es nicht Kreiszylinder sind, recht einfach, ohne besondere Rechnung, zu ermitteln.

Mit der sog. Wasserfallelektrizität beschäftigen sich zwei Arbeiten von M. Aganin[5]). Zunächst mit der für die Simpsonsche Gewittertheorie (JB. 1913, S 234) bedeutsamen Frage, ob beim Abreißen eines Tropfens von einer größeren Flüssigkeitsmenge eine Elektrizitätserregung eintritt. Jede Verfeinerung der Beobachtungsmethode hat dabei ergeben, daß kein merklicher Effekt vorhanden ist. Ob also tatsächlich eine Mitwirkung eines solchen Vorgangs bei Gewitterbildung und bei Zerstäubungsversuchen vorhanden ist, bedarf noch besonderer Untersuchungen. Die zweite Arbeit behandelt dann das sich anschließende Problem, wenn nämlich feine Tröpfchen zu größeren zusammenfließen, den Fall also der Bildung von Regentropfen. Es stellt sich heraus, daß das Zusammenfließen der Tropfen im oberen Ende eines feinen Strahls eine merkliche Aufladung der umgebenden Luft veranlaßt, eine Erscheinung, die aber durch ein elektrisches Feld merklich verändert wird. Den Grad der Elektrisierung, die das Zusammenfließen von Nebeltröpfchen zu Regentropfen

erregt, kann aber sein elektrisches Verhalten nicht erklären, falls die Vereinigung nicht in einem elektrischen Felde stattfindet.

Zwei Arbeiten, die eine von J. S. Townsend und P. J. Edmunds[6]), die andere vom letzteren allein, behandeln spezielle Fälle der Funkenentladung. Die erste die Entladung zwischen Zylindern und punktförmigen Elektroden, praktisch sowohl in der Abhängigkeit vom Luftdruck von 1 mm bis 760 mm als auch theoretisch. Nimmt man an, daß die Entladung durch Ionisation durch Zusammenstoß erfolgt, so läßt sich der Vorgang mathematisch verfolgen und ergibt wohl innerhalb 5% eine Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung, aber es ist nicht möglich, die Unterschiede in den Vorgängen bei positiver und negativer Ladung zu erklären. Die Funkenentladungen zwischen Punkt und Platte lassen sich dann im Anschluß an diese Untersuchungen durch eine allgemeine Formel für das Entladungspotential darstellen und geben unter Zuhilfenahme fremder Messungen eine brauchbare Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung.

Thermoelektrizität. In zwei Arbeiten beschäftigt sich H. Hörig[7]) mit der elektromotorischen Kraft im Temperaturgefälle eines Metalles. Experimentell weist er für Silber und Nickel nach, daß die elektromotorische Kraft zwischen warm und kalt in dem Temperaturgebiet von 20° bis 150° nicht 0,35 μV für einen Grad Temperaturunterschied übersteigt. Das warme Metall befand sich dabei in einem Hochvakuum. Um zu einer Theorie der Thermoelektrizität zu gelangen und den etwaigen Zusammenhang zwischen Wärmeleitung und Elektronenbewegung zu ermitteln, werden die bekannten Theorien der Thermoelektrizität durchgesprochen und in Verbindung mit der oben erwähnten „Gefällkraft" gebracht. Es stellt sich heraus, daß die Messungen noch merklich verfeinert werden müssen, um zu entscheiden, ob eine der Mitführungstheorien zulässig ist und ob die Thomsonwärme auch einen nichtelektrischen Anteil hat.

Pyroelektrische Erscheinungen behandelt eine Arbeit von W. Ackermann[8]) und eine sich an sie anschließende von S. Boguslawski[9]). Diese Untersuchungen sind insofern von Wichtigkeit, als sie dazu führen können, den Aufbau der festen Körper klarzustellen. Man kommt zu der Annahme einer charakteristischen Schwingungszahl der festen Körper. Im Anschluß daran läßt sich für die pyroelektrische Erregung eine Formel ableiten, welche die Ackermannschen Messungen gut bestätigt. Die Formel versagt allerdings für tiefe Temperaturen, aber auch das ist mit Rücksicht auf ähnliche Vorgänge verständlich und läßt sich mit anderen bekannten Dingen in Übereinstimmung bringen.

Elektrische Leitung. Mit dem Zusammenhang zwischen elektrischer und thermischer Leitfähigkeit von Metallen beschäftigen sich zwei Arbeiten von F. G. Swann[10]), der nachweist, daß das Gesetz von Wiedemann und Franz nicht in Übereinstimmung mit der Erfahrung ist, sondern für seine Konstante gemäß Arbeiten von Drude und Lorentz einen zu kleinen Wert liefert, und W. Meißner[11]), der experimentell aus eigenen und fremden Messungen feststellt, daß dieser Wert nur zwischen 0° und 100° C wirklich konstant ist, sodann aber erst langsam, dann auch schneller abnimmt.

Die vielumstrittene Frage, ob bei der Elektrizitätsleitung in Metallen ein Materialtransport stattfindet, greift F. Skaupy[12]) wieder auf, der zu dem Ergebnis kommt, daß ein solcher stattfinden müsse, daß aber die bisherigen Versuche entweder falsch gedeutet sind oder kein Ergebnis gehabt haben konnten. Er weist auch auf die Bedingungen hin, die eine experimentelle Lösung der Frage gestatten würden.

Eine gewisse Sonderstellung nehmen die Untersuchungen über die Beeinflussung des Widerstandes von Metallen durch Magnetfelder ein. Die experimentellen Arbeiten des Berichtsjahres beziehen sich auf Nickel. Die Zusammenhänge zwischen beiden legen W. A. Jenkins[13]) und W. M. Jones und J. A. E. Malam [14]) genauer fest; der erste kommt zu dem Ergebnis, daß gewisse Beziehungen zwischen den Dimensionsänderungen und dem Widerstandseffekt bestehen, wobei aber meist eines die Ursache des andern ist. Sie sind wahr-

scheinlich das Ergebnis von Strukturänderungen, während die letzteren es auf molekulare Änderungen zurückführen. C. G. Knott[15]) untersucht noch den besonderen Fall, daß longitudinale und transversale Felder gleichzeitig vorhanden sind, wobei er zur Aufstellung von empirischen Formeln für die Widerstandsänderung gelangt. Vom elektronentheoretischen Standpunkt sind die Ergebnisse nicht zu erklären. Die Heuslerschen Legierungen verhalten sich, wie O. Bonazzi[16]) zeigt, entsprechend wie die übrigen magnetischen Stoffe in einem Querfeld. Bei kristallinischem Material, insbesondere kristallinischem Antimon, zeigt sich nach W. J. de Haas[17]), daß nur der Winkel zwischen Kristallachse und Feld von Bedeutung ist, nicht der zwischen Feld und Strom. Der Einfluß des Feldes auf die Bewegung der freien Elektronen ist demnach sehr gering. Die Widerstandsänderung wird vielmehr durch eine neue Orientierung der Molekeln hervorgerufen werden. Es bestätigt sich, daß anisotrope Molekel stärker ionisiert werden wie isotrope. Auch zeigt sich, daß Molekel, die nicht nur anisotrop sind, sondern auch eine große Suszeptibilität besitzen, am meisten durch das Magnetfeld beeinflußt werden, was auf einen Zusammenhang zwischen Suszeptibilität und Widerstandsänderung im magnetischen Feld hinweist.

Im Anschluß an frühere Arbeiten (JB 1913 S 217) führt K. W. Wagner[18]) in zwei Arbeiten seine Theorie der Dielektrika mit experimentellen Bestätigungen weiter. Er geht dabei von dem Gedanken aus, daß das alte Maxwellsche Modell eines Dielektrikums durchaus geeignet war, manche experimentell gefundene Eigenschaft darzustellen. So entsteht ein verallgemeinertes Modell, für das man eine ebene Schicht eines vollkommenen Dielektrikums annimmt, über der in dünner unregelmäßiger Schicht ein schlechter Leiter liegt. Ein derartiger Kondensator zeigt die typischen Nachwirkungserscheinungen. Nachwirkungsvorgänge treten auch auf, wenn in einem nicht leitenden Stoff leitende Kügelchen regellos verteilt sind. Man erhält den allgemeinsten Fall, wenn man den einzelnen Kügelchen verschiedene Leitfähigkeit zuschreibt. Als Gesamtergebnis ist jedenfalls auszusprechen, daß die dielektrische Nachwirkung keine neue physikalische Erscheinung ist, sondern sich dem Rahmen der Maxwellschen Vorstellungen gut anpaßt. Mit einer anderen Theorie, der Lorentzschen, beschäftigt sich S. Boguslawski[19]), davon ausgehend, daß nach ihr die im Innern eines Dielektrikums vorhandenen Ladungen durch quasielastische Kräfte an ihre Ruhelage gebunden sind, und daß demnach $\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{1}{\varphi}$ (ε Dielektrizitätskonstante, φ Dichte) unabhängig von der Temperatur sein müßte. Verfasser macht nun, da das nicht der Fall ist, einen neuen Ansatz für die Arbeit der Verschiebung, der bei Diskussion der Konstanten darin Übereinstimmung mit dem Experiment gibt. Unter gewissen Bedingungen muß auch ein polarer pyroelektrischer Effekt vorhanden sein.

Eine besondere dielektrische Erscheinung, das Auftreten einer kurz dauernden elektrischen Verschiebung in Phosphor, der mit weißem Licht bestrahlt wird, untersucht F. Schmidt[20]) genauer. Sie besteht in einer Leitfähigkeitserzeugung durch Licht, die über das ganze Spektrum ziemlich gleichmäßig ist. Die Leitfähigkeit beruht vermutlich auf einer materiellen Ionenwanderung.

Zum Schluß sei eine Arbeit von H. Faßbender[21]) über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität in Freileitungen und Kabeln erwähnt. Er verwendet Wanderwellen, deren Frequenz nach den Methoden der Hochfrequenztechnik gemessen wird; also wird z. B. bei einem Kabel das Ende zu einem Kreisring gebogen und dient so als Kopplung für einen Wellenmesser. Für ein solches Kabel ergab sich als Geschwindigkeit $1{,}7 \cdot 10^{10}$ cm/s, eine Geschwindigkeit, mit der sich alle elektromagnetischen Störungen in diesem Kabel fortpflanzen.

Lichtempfindlichkeit von Selen. Vorausgeschickt sei eine allgemeine Arbeit von P. J. Nicholson[22]), die sich mit den physikalischen Eigenschaften der durch Kathodenzerstäubung hergestellten Selenzellen überhaupt beschäftigt. Der Verfasser stellt im Anschluß an die Elektronentheorie und die Pfundsche

Annahme, daß der Seleneffekt ein Resonanzeffekt auf die Elektronen im Atom ist, etwa analog dem Photoeffekt, eine mathematische Theorie auf, welche die wesentlichsten Eigenschaften der Zellen wiedergibt.

Von besonderem Interesse ist eine Arbeit von G. W. White[23]) über Selenblöcke, die gestatteten, die Änderungen der Leitfähigkeit sowohl bei Belichtung in Richtung des Stroms und senkrecht dazu zu messen. Im letzten Fall ist die Widerstandsänderung stets größer. Die Änderung der Leitfähigkeit einer dünnen Schicht allein, was also eine Beurteilung der wirksamen Eindringungstiefe des Lichtes gestatten würde, ist unzureichend, das zu erklären. Verschiedene Versuche über den Einfluß der Elektroden usw. führen indessen dazu, daß der Einfluß des Lichts, wenn auch nicht ausschließlich, in einer Änderung des Elektrodenkontakts bestehen muß. Durch diese Versuche angeregt, konnte W. S. Gripenberg[24]) bei dünnen (0,05 mm) Selenzellen die Eindringungstiefe des Lichtes feststellen, und fand, daß sie recht tief bis ins Innere erfolgt.

Einen merklichen Fortschritt kann vielleicht eine Arbeit von F. C. Brown[25]) bringen, der kristallinische Stücke metallischen Selens untersucht. Er kommt dabei zu dem Ergebnis, daß es sich bei der Widerstandsänderung bei Belichtung nicht um eine Veränderung an den Kontakten handelt. Mechanischer Druck ändert die Leitfähigkeit merklich. Die absolute Änderung der Leitfähigkeit bei konstanter Beleuchtung ist proportional der Dunkelleitfähigkeit, wenn sie durch Druck von 1 bis 180 Atm. geändert wird. Die Kristalle haben den Vorzug, daß sie einer optischen Untersuchung zugänglich sind.

Tiefe Temperaturen. Es sind in diesem Abschnitt nur Arbeiten des Leidener Laboratoriums von H. Kamerling Onnes[26]) und seinen Mitarbeitern zu verzeichnen, deren wichtigste Ergebnisse im folgenden zusammengestellt seien (vgl. JB 1913, S 218). Der Widerstand eines Quecksilberfadens verschwindet unter $4{,}19^0$ abs., er ist jedenfalls so klein, daß er bei $2{,}45^0$ kleiner als $2 \cdot 10^{-9}$ des extrapolierten Wertes bei 0^0 C ist. Vergrößert man die Stromdichte, so wird schließlich ein Schwellenwert der Stromdichte hervorgerufen, bei dem eine Potentialdifferenz zwischen beiden Enden auftritt und der Widerstand merklich von Null verschieden ist. Dieser Schwellenwert liegt um so höher, je niedriger die Temperatur ist. Dieses Wiederauftreten des Widerstandes ist die Folge der Erwärmung des Quecksilbers. Ein Restwiderstand bleibt jedenfalls vorhanden. Bei Zinn und Blei tritt Ähnliches ein. Auch Zinnamalgam verhält sich gleichartig, merkwürdigerweise aber verliert sich sein Widerstand früher wie der von Zinn und Quecksilber allein. Ein stärkeres Magnetfeld läßt in solchen Supraleitern sprungweise auftretenden Widerstand entstehen; die Kurve, welche die Änderung des Widerstandes mit dem Feld bei konstanter Temperatur zeigt, ist ganz ähnlich der Kurve der Änderung des Widerstandes mit der Temperatur ohne Magnetfeld. Anscheinend ist die Einwirkung des Magnetfeldes gleichartig mit einer Erwärmung des Supraleiters. Bei Spulen aus Zinn- und Bleidraht waren longitudinaler und transversaler Effekt verschieden. Eine feine Bleidrahtspule von 736 Ω Widerstand bei 0^0 C wurde auf $1{,}8^0$ abs. abgekühlt, hatte dann aber den $2 \cdot 10^{10}$ Teil des Widerstandes und eine Relaxationszeit von der Größenordnung eines Tages. Man konnte in der Spule nach Erregung einen induzierten Strom beobachten, der stark genug war, eine Stunde lang eine gewöhnliche Kompaßnadel stark abzulenken. Schätzungsweise war die Stromstärke 0,5 bis 0,6 A. Am Schluß der Stunde war die Temperatur von $1{,}8^0$ auf $4{,}25^0$ abs. gestiegen, und der induzierte Strom war noch nicht um 10% abgefallen. Wurde die Spule aus dem Helium entfernt, so hörte die Einwirkung auf die Magnetnadel sofort auf.

Eine ausführliche Zusammenstellung der oben in äußerster Kürze geschilderten Ergebnisse findet man in zwei Aufsätzen von A. Mahlke[27]) und L. Schüler[28]).

Wechsel- und Induktionsströme. Die theoretische Behandlung von Problemen an Spulenwicklungen haben zwei Arbeiten zum Gegenstand. R. T. Lyle[29]) behandelt die Selbstinduktion von Kreisspulen rechteckigen Querschnitts,

im Anschluß an die Maxwellsche Formel über die gegenseitige Induktion konaxialer Kreisfäden. Die notwendige Reihenentwicklung wird durchgeführt und zur Erleichterung der praktischen Berechnung eine Tabelle mitgeteilt. Litzenspulen zeigen bisweilen trotz der Unterteilung des Drahtes im Gegensatze zu den Spulen aus nicht unterteiltem Draht größere Wechselstromverluste als diese. Bei der von H. G. Möller[30]) durchgeführten Untersuchung zeigt sich nun, daß dieses theoretisch durchaus klar ist, und er kann die Mittel angeben, wie man praktisch brauchbare Litzenspulen konstruiert.

Für die Beurteilung von Funkeninduktoren ist eine Arbeit von E. T. Jones[31]) von Bedeutung, der das Problem lösen will, wie man die höchste Sekundärspannung erzielt; er gibt die Formeln zu ihrer Berechnung aus den elektrischen Konstanten der Einzelkreise, ihrer gegenseitigen Induktion und Koppelung an. Die Koppelung hängt von der Stromverteilung im Sekundärkreis ab und ist demgemäß kleiner, wenn er offen, als wenn er durch eine Kapazität geschlossen ist. Im Anschluß daran wird die Frage erörtert, welche primäre Kapazität die höchste Sekundärspannung gibt, und die Bedingung dafür mathematisch angegeben. Die Übereinstimmung mit der Erfahrung ist vorhanden.

Von Arbeiten über Gleichrichtevorgänge seien die folgenden erwähnt: Zunächst eine von A. E. Flowers[32]) über Kristallgleichrichter, insbesondere über den Bleiglanzkristalldetektor mit einer Metallspitze. Die Untersuchung erstreckt sich bis zu 268000 Perioden in der Sekunde bei verschiedenen Kurvenformen, die von gewissem Einfluß ist. Der Kontaktdruck ist bei niederen Frequenzen von keinem großen Einfluß, desgleichen bei höheren, wenn die gleich gerichtete Stromstärke einen bestimmten Betrag nicht übersteigt. Mit wachsender Temperatur nimmt die Gleichrichtewirkung ab, bei über 200^0 verschwindet sie. Bei stärkeren Strömen nimmt der Gleichrichteeffekt mit der Frequenz zu, bei schwächeren ein wenig ab. Bei sehr schwachen Strömen ist die Gleichrichtewirkung angenähert proportional der Wechselstromstärke bzw. sie wächst mit dem Quadrat des gleichgerichteten Stromes. Hierbei kann die Wirkung durch Anwendung sehr kleiner Kontaktflächen gesteigert werden, doch ist eine Vergrößerung der Potentialdifferenz nötig, um gleichen Strom zu erhalten. Die Stromdichte muß gleich oder größer als ein bestimmter Minimalbetrag für gute Wirkung sein.

Über die Theorie derartiger Kristallgleichrichter oder Kontaktdetektoren der drahtlosen Telegraphie arbeitet R. Rinkel[33]). Er zieht den Schluß, daß im Falle eine thermoelektrische Kraft an der Berührungsstelle entsteht, für den Schließungskreis das Ohmsche Gesetz gelten muß, was auch, da alles der Messung zugänglich ist, bestätigt wird. Da die bei Gleichstrom- und Wechselstrommessungen erhaltenen Werte der thermoelektrischen Kraft die gleichen sind, so muß für den untersuchten Perikondetektor eine thermoelektrische Erklärung gegeben werden.

Eine Studie über die Polarisation in Aluminiumgleichrichtern veröffentlicht C. W. Greene[34]), der die Spannung an einer solchen Zelle sofort nach der Stromunterbrechung mißt. Seine Ergebnisse lassen sich mit der Gashauttheorie gut in Einklang bringen. Ausführlich gehen G. Schulze und R. Lindemann[35]) auf die Verhältnisse bei diesen Gleichrichtern ein im Anschluß an die Hypothese, daß die Ventilwirkung auf Elektronenvorgängen in einer ganz außerordentlich dünnen Gashaut beruht, die sich bei der Formierung auf der Oberfläche des Ventilmetalls ausbildet. Man muß zwei Umstände berücksichtigen, die von größter Wichtigkeit sind, die elektrostatische Kapazität der elektrolytischen Ventile und die Mindestspannung in der durchlässigen Richtung. Damit läßt sich die von Zenneck beobachtete Abnahme der Wirkung mit steigender Frequenz erklären, und der experimentelle Beweis läßt sich durch den Ersatz des elektrolytischen Gleichrichters durch einen Quecksilbergleichrichter mit parallelliegendem Kondensator führen. Auch die theoretische Durchrechnung bestätigt das.

Hochfrequenzschwingungen. Mit der Fortpflanzung Hertzscher Wellen beschäftigen sich zwei Abhandlungen: H. Behnken[36]) untersucht die Polarisationsverhältnisse kurzer Wellen durch Drahtgitter und gelangt zu dem Ergebnis, daß alle Erscheinungen, wie sie bei Wärmestrahlen von Du Bois und Rubens gefunden sind, bei den ganz anders erzeugten Wellen ebenso vorhanden sind. Sie bestätigen daher vollkommen die Maxwellsche Ansicht, nach der beide Wellenarten qualitativ identisch sind. M. Sjöström[37]) beschäftigt sich mit der Untersuchung stehender Hertzscher Wellen, die durch Reflexion an einem Metallspiegel gebildet werden, und untersucht die Bedingungen, nach denen diese Methode zur Messung der Wellenlänge benutzt werden kann. Insbesondere werden die Störungen durch Reflexion an anderen Teilen des Beobachtungsraumes behandelt. Nebenher ergibt sich, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit solcher Wellen in Luft und an Drähten aus guten Leitern nicht merklich von der Lichtgeschwindigkeit abweichen kann.

Über die Vorgänge in Hochspannungskreisen selbst handeln zwei rein mathematische Arbeiten von F. F. Martens[38]), auf die hier ein Hinweis genügen mag. Endlich sei auf eine Arbeit von W. Lenz[39]) eingegangen, die die Eigenschwingungen einlagiger Spulen behandelt, also ein Problem, das für den Bau von Teslatransformatoren wichtig ist, indessen ganz bedeutende Schwierigkeiten bietet. Aus mathematischen Gründen muß das Problem in das für eine kurze weite und für eine lange enge Spule zerlegt werden, es ist indessen möglich, den mittleren Fall durch Interpolation zu lösen.

Elektronentheorie. Zunächst ist zu berichten, daß nunmehr die ausführliche Mitteilung von F. Ehrenhaft[40]) über seine Neubestimmung der Größe des elektrischen Elementarquantums vorliegt (JB 1913, S 221). Wenn auch die jetzt bestehende Elektronentheorie in sich einheitlich und festgefügt erscheint, so ist es nach seiner Meinung nicht ausgeschlossen, daß der Ladungswert eines einzelnen Elektrons eine nur statistische Bedeutung hat. Das vermag seine, im Prinzip mit der Millikanschen identische Methode, die einzelne Elektronen zu beobachten gestattet, zu entscheiden. Für die Berechnung der Messungen sind wohl gewisse Annahmen über die Fallbewegung der beobachteten kleinen Kügelchen zu machen, indessen führen von seinen 16 Messungsreihen gemäß der oberen möglichen Grenze für diese Fallgesetze 14, gemäß der unteren alle 16 auf einen Subelektronenwert, den er zu rd. 1,4 bis $2{,}8 \cdot 10^{-11}$ Einheiten gegenüber etwa $4 \cdot 10^{-10}$ als sonst üblichen Wert angibt. Eine Diskussion seiner Ergebnisse hat noch nicht eingesetzt. Gleichzeitig macht auch F. Wächter[41]) darauf aufmerksam, daß es nicht berechtigt ist, das elektrische Elementarquantum als ununterschreitbare Naturkonstante anzusehen. Man kann aus mechanisch-thermischen Betrachtungen diese Größe berechnen und kommt dabei zu den üblichen Größen, woraus weiter zu schließen ist, daß die „elektrische Ladung“ eines Elektrons gleichbedeutend mit dessen lebendiger Kraft zu sein scheint. Dafür eine untere Grenze anzunehmen, ist offenbar völlig verfehlt.

Im Zusammenhang mit einer früher erwähnten Arbeit von O. W. Richardson (JB 1913, S 221) steht eine große Anzahl Abhandlungen von W. Schottky, J. Langmuir, A. Wehnelt und E. Liebreich[42]) u. a. über die experimentelle Untersuchung und Theorie der Elektronenabgabe von glühenden Drähten. Experimentell wird festzustellen versucht, welches der Einfuß der umgebenden Atmosphäre ist, wobei Langmuir zu dem Resultat kommt, daß in einem vollkommenen Vakuum die Richardsonsche Gleichung für die maximale Stromstärke genau gilt. Ihre Konstanten werden berechnet. Er kommt zu dem Schluß, daß in einem sehr hochgradigen Vakuum die Elektronenemission eine wichtige spezifische Eigenschaft der Substanz ist und nicht auf sekundären Ursachen beruht. Die Theorie der Versuche wird besonders in der Arbeit von Schottky behandelt.

Einen interessanten Beitrag zur Verbindung der Elektronentheorie mit der Quantentheorie liefern J. Franck und G. Hertz[43]). Sie beschäftigen sich

mit den Zusammenstößen von Elektronen und Gasatomen in chemisch inaktiven Gasen. Solange sich ein Elektron unterhalb einer Grenzgeschwindigkeit bewegt, wird es beim Auftreffen auf ein Gasatom ohne Geschwindigkeitsverlust reflektiert. Oberhalb dieser Geschwindigkeit wird der Stoß unelastisch, d. h. die Elektronen geben ihre kinetische Energie quantenweise ab, und es ist möglich, die grundlegende Konstante der Quantentheorie in Übereinstimmung mit dem sonst üblichen Werte zu bestimmen. Zum Schluß sei auf eine Arbeit von J. Königsberger[44]) über die elektronentheoretische Behandlung der variabeln elektrischen Leiter hingewiesen. Ihr Inhalt entzieht sich einer kurzen Wiedergabe.

Photoelektrizität. Zunächst sei eine Arbeit von E. Meyer und W. Gerlach[45]) erwähnt, die mit ultramikroskopischen Teilchen arbeiten, wie sie Ehrenhaft und Millikan für ihre Versuche zur Messung der Elektronenladung benutzten. Bei Bestrahlung solcher in einer ähnlichen Versuchsanordnung schwebenden Teilchen mit ultraviolettem Licht konnten sie feststellen, daß sie Elektronen abgaben, aber mit merklicher „Verzögerungszeit". Für diese Erscheinung geben sie auch eine ausführliche Erklärung.

Eine größere Anzahl von Arbeiten beschäftigt sich mit dem Einfluß der Gase auf die photoelektrischen Vorgänge. K. Fredenhagen[46]) nimmt an, daß mit der Absorption des Lichtes ein photochemischer Prozeß verbunden ist, und daß proportional dieser chemischen Umsetzung Elektronen emittiert werden. Wie H. Küstner[47]) experimentell bestätigt, ist auch der photoelektrische Effekt bei sorgfältig entgastem Zink in hohem Vakuum kleiner als 0,001 des normalen. G. Wiedemann und W. Hallwachs[48]) finden für Kalium, daß jeder photoelektrische Effekt nach völliger Befreiung von Gasen ausbleibt. Ihr Vorhandensein ist also eine notwendige Bedingung für die Erscheinung. Dagegen finden R. Pohl und P. Pringsheim[49]) keinen Unterschied zwischen entgastem und normalem Kalium. A. Hallermann[50]) findet, daß die Gasokklusion, wie sie bei anodischer Ladung von Metallen eintritt, die lichtelektrische Empfindlichkeit herabsetzt. Ein Einfluß der Art des Gases war nicht nachweisbar.

Was die praktische Anwendung der Photozellen zu Lichtstärkemessungen anlangt, so untersucht H. E. Ives[51]) eine große Anzahl Zellen auf den Zusammenhang zwischen Belichtung und Stromstärke. Dieser ist im allgemeinen nicht linear. Durch geeignete Wahl von Gasdruck, Spannung und Elektrodenabstand läßt er sich aber in einem mehr oder minder großen Bereich geradlinig machen. Zur Photometrie ultravioletten Lichtes sind nach J. Elster und H. Geitel[52]) Kadmium- und Zinkzellen gut geeignet, da sie für anderes Licht völlig unempfindlich sind. Die Zellen, nach den Angaben der Verfasser hergestellt, zeigen eine gute Konstanz, sind frei von Nachwirkung und Trägheit. Die Stromstärke ist völlig proportional der Lichtstärke.

Eine Zusammenfassung der lichtelektrischen Erscheinungen bringt eine Schrift von R. Pohl und P. Pringsheim[53]).

Kathoden- und Kanalstrahlen. Die im JB 1913, S 223, beschriebene, von J. Stark ausgeführte Zerlegung von Kanalstrahlen-Spektrallinien mittels elektrischer Felder ist weiter von ihm und seinen Mitarbeitern G. Wendt und H. Kirschbaum[54]) fortgesetzt worden. Während zunächst nur ein Quereffekt, also bei Beobachtung senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Strahlen, festgestellt wurde, gelang es auch, einen Längseffekt zu finden. Die Versuche sind durch Verbesserung der optischen Methoden und Verstärkung der elektrischen Felder bis zu 70000 V/cm ausgedehnt, und es gelang nachzuweisen, daß z. B. eine Wasserstofflinie in 28 Komponenten zerlegt werden kann. Diese Versuche gestatten weitgehende Rückschlüsse auf den Aufbau der Atome, insbesondere über die Anzahl der in ihnen vorhandenen Elektronen und ihre Schwingungszustände. Die weiteren Folgerungen schließen sich an die Bemerkungen im JB 1913, S 224, über die Atomionen und ihre Kanalstrahlenspektren an, und können hier als größtenteils optischer Art nicht behandelt werden. Es sei nur

noch auf eine Arbeit von E. Warburg[55]) hingewiesen, der die Theorie jener Versuche im Anschluß an das Rutherfordsche Atommodell und die Untersuchungen von Bohr behandelt. Diese Arbeiten sind nicht geeignet, die Erscheinungen vollständig zu erklären, und bedürfen daher einer Erweiterung. Es ergibt sich die Folgerung, daß der elektrische Effekt zu den Erscheinungen gehört, die sich durch die klassische Elektrodynamik nicht erklären lassen. Wenn die elektromagnetische Theorie auch für den Leuchtvorgang gültig ist, so muß, wie M. Wien[56]) zeigt, auch im magnetischen Feld eine analoge Wirkung eintreten, wenn die Lichtquelle, wie es bei den Kanalstrahlen auch der Fall ist, sich mit genügender Geschwindigkeit bewegt. Man beobachtet in der Tat eine Wirkung, wie sie zu erwarten war. In der Größenordnung stimmt die Veränderung mit der von der Theorie geforderten überein.

Die in JB 1913, S 223, besprochene aktive Modifikation von Stickstoff darf wohl nach der Arbeit von Baker und Strutt und E. König und E. Elöd[57]) als bewiesen gelten. Der Beweis dafür ist nicht so sehr in der Erscheinung des Nachleuchtens zu suchen, als in der chemischen Einwirkung der aktiven Modifikation auf andere Stoffe. Die Beobachtung des Nachleuchtens ist durchaus zutreffend und dieser Modifikation zuzuschreiben; sie entsteht beim Übergang aus dem einatomigen aktiven in den zweiatomigen inaktiven Zustand.

Röntgenstrahlen. Zunächst sei auf das neue, von Coolidge[58]) nach theoretischen Grundsätzen konstruierte Röntgenrohr mit seiner gewaltigen Überlegenheit gegenüber dem bisherigen hingewiesen (vgl. auch S 217). Es besitzt ein viel weiter getriebenes Vakuum, so daß die erste Entladung durch eine Heizspirale als reine Elektronenladung eingeleitet wird. Die Belastbarkeit dieser Röhre ist bedeutend höher als sonst möglich. Die Intensität der Strahlung kann ohne weiteres durch die Temperatur der Heizspirale geändert werden, da es sich um eine dauernde reine Elektronenstrahlung handelt. Die Härte der Strahlung reguliert die angelegte Spannung, welche die Geschwindigkeit der ausgesandten Elektronen beeinflußt.

Dem Studium der Röntgenspektroskopie sind immer noch die meisten Arbeiten gewidmet. Es liegen eine ganze Anzahl von Konstruktionen zur Aufnahme von Röntgenspektren vor, von denen die wichtigsten die von J. Herweg[59]), H. Rohmann[60]) und M. de Broglie und F. A. Lindemann[61]) sind. Alle gehen sie von den von festen oder sich drehenden Kristallplatten zurückgeworfenen Strahlen aus. Diese Spektrographen beruhen ja auf der Voraussetzung, daß die Röntgenstrahlen einer bestimmten Wellenlänge nicht bei jedem beliebigen Einfallswinkel reflektiert werden, sondern nur, wenn die Beziehung $n \lambda = 2 d \sin \alpha$ besteht (n eine ganze Zahl, λ Wellenlänge der Strahlung, d der Abstand zweier Molekularschichten bei dem Kristall, α der Winkel zwischen dieser Schicht und dem einfallenden bzw. gebeugten Strahl). Im übrigen verhalten sich die so hergestellten Spektralaufnahmen genau so wie die optischen; so z. B. erhält man je nach dem Wert von n auch Spektren verschiedener Ordnung. Besonders zu erwähnen ist noch, daß Broglie auch Spektren von Stoffen aufnehmen konnte, die nur von Röntgenstrahlen bestrahlt wurden und Sekundärstrahlen aussandten. So wurde denn von den verschiedenen Beobachtern, insbesondere von den oben bereits erwähnten, eine große Anzahl von Spektren der verschiedensten Antikathodenmaterialien veröffentlicht. Als ein Beispiel einer solchen Aufnahme sei ein Platinspektrum aus einer der obenerwähnten Arbeiten von de Broglie und Lindemann abgebildet (Abb. 25).

Als allgemeine Regel ergab sich, daß das Spektrum eines Elementes unabhängig von der Art seiner Bindung ist. Bemerkenswerte weitere Ergebnisse hat diese Art der Analyse zurzeit noch nicht erzielt, es sind vielmehr erst die Grundlagen für weitere Forschung geschaffen. Besonders sei noch auf die schöne Spektralaufnahme des Platins von H. Seemann[62]) hingewiesen. Auch eine Arbeit von N. Uspenski[63]) sei erwähnt, der mit Hilfe einer Art von Lochkamera sich eine im Betrieb befindliche Röntgenröhre durch ihre eigenen Strahlen photographieren ließ.

Was die Fortführung der experimentellen Untersuchungen und der theoretischen Verarbeitung der Ergebnisse über den molekularen Aufbau der verschiedenen Kristalle anlangt, so mag es genügen, darauf hinzuweisen, daß diese Arbeiten im Anschluß an die in dem früheren Berichte erwähnten weiter fortgeführt werden. Es wird ausreichend sein, auf die daran hauptsächlich beteiligten Forscher, W. H. Bragg, W. L. Bragg, G. Friedel, L. Föppl, P. P. Ewald, R. Glocker und A. Johnson[64]) aufmerksam zu machen. Es sei nur auf die eine der obenerwähnten Arbeiten von W. H. Bragg hingewiesen, in der er im Anschluß an die unten zu erwähnenden Arbeiten von Barkla die Veränderungen der Spektren der Antikathode untersucht, wie sie durch Änderung des reflektierenden Kristalls und durch Einschalten von Metallfolien hervorgerufen werden, wobei Übereinstimmung mit den theoretisch zu erwartenden Ergebnissen gefunden wird. Von Interesse ist auch das in einer anderen Arbeit gefundene Ergebnis, daß die beugende Kraft eines Atoms des Kristalls dem Atomgewicht proportional ist, wenn man jene durch die Amplitude der reflektierten Welle mißt. Enthält der Kristall zwei oder mehrere, parallel zur reflektierenden Ebene ineinandergesetzte Netzgitter mit gleichem Gitterabstand, aber

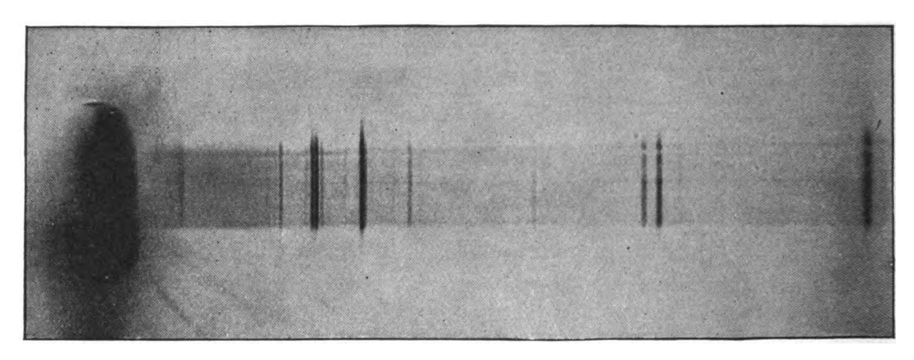


Abb. 25. **Röntgenspektrum des Platins.**

verschiedenem Atominhalt, so tritt eine Übereinanderlagerung der Strahlen ein, und man kann durch Ausmessen der Intensitäten des so zustande kommenden Spektrums die Gitterverhältnisse berechnen.

Den Einfluß der Temperaturbewegung der Molekel eines Kristalls auf das Spektrum behandelt P. Debye[65]) ganz ausführlich mathematisch (vgl. JB 1913, S 223); man bezeichnet allgemein diesen Einfluß als „Debye-Effekt". Die Schärfe der Interferenzbilder wird danach nicht, wohl aber ihre Intensität und die räumliche Intensitätsverteilung geändert. Von besonderem Interesse ist, daß diese Erscheinung die Frage zu lösen gestattet, ob die Kristalle beim absoluten Nullpunkt der Temperatur eine Nullpunktsenergie besitzen oder nicht. Der Verlauf der Erscheinungen läßt sich angenähert vorausberechnen, wenn man die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des Stoffes von der Temperatur kennt. Auf einem etwas anderen Wege behandelt E. Schrödinger[66]) diesen Einfluß auf die Intensitätsmaxima, also die Veränderung der feineren Struktur der Spektren. Diese werden mit steigender Temperatur immer breiter und verschwommener, bis allmählich eine gleichmäßige Erhellung des Gesichtsfeldes eintritt. Einen experimentellen Beitrag dazu liefern M. v. Laue und J. St. v. d. Lingen[67]), die bei Steinsalz bei 320^0 keine Interferenzpunkte mehr fanden, auch bei Glimmer bei 400^0 wurden Unterschiede gegen Beobachtungen bei Zimmertemperatur gefunden.

Eine zusammenfassende Darstellung der gesamten hier besprochenen Erscheinungen findet man in zwei Abhandlungen von M. v. Laue und W. L. Bragg[68]).

Von sonstigen wichtigen Arbeiten über Röntgenstrahlen sei noch eine zusammenfassende Arbeit von C. G. Barkla[69]) über die „charakteristische Röntgenstrahlung“ erwähnt. Man versteht darunter die sekundäre Röntgenstrahlung eines Stoffes, der primär bestrahlt wird, eine Strahlung, die für das emittierende Element charakteristisch ist. Es sind das Strahlen von nur einer Durchdringungsfähigkeit, die um so höher ist, je höher das Atomgewicht des Elementes ist. Die Emission erfolgt nach allen Seiten unabhängig von der primären Bestrahlung. Wahrscheinlich ist diese Erscheinung vollständig identisch mit der optischen Fluoreszenz, und die gesamte Untersuchung führt zu der Wahrscheinlichkeit einer völligen Identität von Röntgenstrahlen und Licht.

Radioaktivität. Zur Feststellung einiger Unsicherheiten in der Reihenfolge der radioaktiven Stoffe und zur Sicherung der Grundlagen der Zerfallstheorie waren einige Revisionen von Atomgewichten notwendig. So hat O. Hönigschmidt[70]) das von Uran neu bestimmt und fand dafür 238,7 an Stelle des sonst üblichen Wertes von 238,5. Die Zerfallstheorie ließ diesen Wert erwarten, wenn man dem Radium den vom gleichen Verfasser bestimmten Wert von 225,97 beilegt. Der Atomgewichtswert des Endgliedes der Radiumreihe von Blei war ebenfalls höchst unsicher, insbesondere war die Frage offen, ob Blei radioaktiven Ursprungs und das sonst vorkommende als identisch anzusehen seien. Theoretisch sollen überhaupt die nichtaktiven Endglieder der drei Radioreihen alle chemisch dem Blei gleich sein. Es ist nun tatsächlich durch W. Richards und M. C. Lembert[71]) festgestellt, daß das Blei ganz verschiedene Atomgewichtswerte je nach seinem Ursprungsort aufwies, wobei Unterschiede bis zu 0,75 Einheiten auftraten; dagegen waren die untersuchten Bleisorten weder chemisch noch spektroskopisch unterscheidbar. Und ähnlich gelang es F. Soddy und H. Hymans[72]), das Atomgewicht eines Thoriumbleis zu 208,4 zu bestimmen gegenüber dem üblichen Wert von 207,1.

Die weitaus größte Zahl der Untersuchungen radioaktiver Art kommt für unsere Zwecke wenig in Frage, da sie rein chemischer Art ist. Sie beschäftigen sich zunächst mit der Frage der isotopen chemischen Elemente, worunter solche Elemente zu verstehen sind, die nach den bisherigen Methoden nicht mehr unterscheidbar sind, also chemisch und physikalisch, wie z. B. die obenerwähnten Bleisorten, identisch sind, und die sich als getrennte Individuen nur durch die viel feineren radioaktiven Methoden wenn auch nicht immer trennen, so doch auseinanderhalten lassen. Für die immer wichtiger werdende Frage der Erkenntnis der Zusammenhänge der chemischen Elemente war nun die Einordnung solcher Körper in das periodische System von Wichtigkeit, und es ergab sich, daß man solchen Gruppen isotoper Elemente eine gemeinsame Stelle in diesem System einräumen mußte. Dann war es möglich, alle Stoffe ohne Mühe auf den zugehörigen Plätzen unterzubringen. Auffallend ist dann, daß in einer solchen Plejade, im Gegensatz zu der bisherigen Anschauung, die das Atomgewicht eines Stoffes als sein wichtigstes Charakteristikum und jede Stelle des Systems einem Stoffe ganz bestimmten Atomgewichts zukommend ansah, nunmehr an solchen Stellen mehrere Stoffe zusammenstanden, die auch im Atomgewicht um bis zu 8 Einheiten verschieden waren, und daß Stoffe von gleichem Atomgewicht chemisch sich vollkommen anders verhielten. G. v. Hevesy und F. Paneth[73]) konnten nachweisen, daß die Isotopen sich chemisch völlig vertreten können. Es gewinnt den Anschein, als ob die Zahl der vorhandenen Elemente auf Grund der Entdeckung der Isotopie merklich größer ist, als man bisher angenommen hat. Daß die Isotopie tatsächlich auch bei den nicht aktiven Elementen vorkommt, ist kürzlich durch J. J. Thomson und Aston[74]) festgestellt worden, daß nämlich das Neon aus zwei Gasen, dem Neon selbst und einem ihm isotopen, dem Metaneon, besteht.

Es kann hier nicht die umfangreiche chemische Literatur über diesen unserm Ziele ferner liegenden Gegenstand aufgeführt werden, es mag genügen, auf ein Referat von K. Fajans[75]) hinzuweisen, das alle diese Fragen ausführlich behandelt und die Literatur angibt.

[1]) A. Einstein, Berl. Ber. 1914, S 1030. — [2]) A. Gray, Phil. Mag., R 6, Bd 27, S 428. — [3]) H. Busch, Phys. Z. 1914, S 453. — [4]) W. Deutsch, Arch. Elektrot. Bd 2, S 435. — [5]) M. Aganin, Ann. Phys. R 4, Bd 45, S 1003. — [6]) J. S. Townsend u. P. J. Edmunds, Phil. Mag., R 6, Bd 27, S 789; Bd 28, S 234. — [7]) H. Hörig, Ann. Phys., R 4, Bd 43, S 525; Phys. Z. 1914, S 388. — [8]) W. Ackermann, Diss. Göttingen, 1914. — [9]) S. Boguslawski, Phys. Z. 1914, S 805. — [10]) F. G. Swann, Phil. Mag., R 6, Bd 27, S 441. — [11]) W. Meißner, Verh. D. Phys. Ges. 1914, S 262. — [12]) F. Skaupy, Verh. D. Phys. Ges. 1914, S 156. — [13]) W. A. Jenkins, Phil. Mag., R 6, Bd 27, S 731. — [14]) W. M. Jones u. J. A. E. Malam, Phil. Mag., R 6, Bd 27, S 649. — [15]) C. G. Knott, Edinburgh Proc. Bd 33, S 200. — [16]) O. Bonazzi, Verh. D. Phys. Ges. 1914, S 315. — [17]) W. J. de Haas, Versl. K. Ak. v. Wet. Bd 22, S 1110. — [18]) K. W. Wagner, Arch. Elektrot. Bd 2, S 371; Bd 3, S 67. — [19]) S. Boguslawski, Phys. Z. 1914, S 280, 283. — [20]) F. Schmidt, Ann. Phys., R 4, Bd 44, S 477. — [21]) H. Faßbender, Arch. Elektrot. Bd 2, S 529. — [22]) P. J. Nicholson, Phys. Rev., R 2, Bd 3, S 1. — [23]) G. W. White, Phil. Mag., R 6, Bd 27, S 370; Phys. Z. 1914, S 154. — [24]) W. S. Gripenberg, Phys. Z. 1914, S 462. — [25]) F. C. Brown, Phys. Rev., R 2, Bd 4, S 85. — [26]) H. Kamerlingh Onnes, Versl. K. Ak. v. Wet., Bd 21, S 1166, 1284; Bd 22, S 125, 137, 1027, 1413; Comm. Phys. Lab. Leiden Nr 132e, 133a, b, c, d, 139f, 140b. — [27]) A. Mahlke, Naturwiss., 1914, S 963. — [28]) L. Schüler, ETZ 1914, S 1011. — [29]) R. T. Lyle, Phil. Transact., R (A), 1914, S 421. — [30]) H. G. Möller, JB drahtl. Tel. Bd 9, S 32. — [31]) E. T. Jones, Phil. Mag., R 6, Bd 27, S 565. — [32]) A. E. Flowers, Phys. Rev., R 2, Bd 3, S 25. — [33]) R. Rinkel, JB drahtl. Tel., Bd 9, S 88. — [34]) C. W. Greene, Phys. Rev., R 2, Bd 3, S 264. — [35]) G. Schulze u. R. Lindemann, Phys. Z. 1914, S 254. — [36]) H. Behnken, Verh. D. Phys. Ges. 1914, S 617. — [37]) M. Sjöström, Ann. Phys. R 4, B d45, S 353. — [38]) F. F. Martens, Verh. D. Phys. Ges. 1914, S 100, 220. — [39]) W. Lenz, Ann. Phys., R 4, Bd 43, S 749. — [40]) F. Ehrenhaft, Wien. Ber. IIa, Bd 123, S 53; Ann. Phys., R 4, Bd 44, S 657. — [41]) F. Wächter, Ann. Phys., R 4, Bd 44, S 127. — [42]) W. Schottky, Ann. Phys., R 4, Bd 44, S 1011; Phys. Z. 1914, S 526, 656; J. Langmuir, Phys. Z. 1914, S 348, 516; A. Wehnelt u. E. Liebreich, Phys. Z. 1914, S 549. — [43]) J. Franck u. G. Hertz, Phys. Z. 1914. S 457; Naturwiss. 1914, S 667. — [44]) J. Koenigsberger, JB Radioakt. u. Elektron. 1914, S 84. — [45]) E. Meyer u. W. Gerlach, Ann. Phys., R 4, Bd 45, S 177. — [46]) K. Fredenhagen, Phys. Z. 1914, S 65. — [47]) H. Küstner, Phys. Z. 1914, S 68. — [48]) G. Wiedemann u. W. Hallwachs, Verh. D. Phys. Ges. 1914, S 107. — [49]) R. Pohl u. P. Pringsheim, Verh. D. Phys. Ges. 1914, S 336. — [50]) A. Hallermann, Z. wiss. Photogr. 1914, S 186. — [51]) H. E. Jves, Astrophys. Journ. Bd 39, S 428. — [52]) J. Elster u. H. Geitel, Phys. Z. 1914, S 1. — [53]) R. Pohl u. P. Pringsheim, Die lichtelektrischen Erscheinungen, Braunschweig 1914. — [54]) J. Stark, Ann. Phys., R 4, Bd 43, S 965, 983, 991, 1017. — [55]) E. Warburg, Verh. D. Phys. Ges. 1913, S 1259. — [56]) M. Wien, Berl. Ber. 1914, S 70. — [57]) Baker u. Strutt, Ber. D. Chem. Ges. Bd 47, S 801 u. 1049. — E. König u. E. Elöd, Ber. D. Chem. Ges. Bd 47, S 516, 523. — [58]) C. Hupka, Arch. El. Bd 2, S 430. — F. P. Kerschbaum, Naturw. 1914, S 654. — [59]) J. Herweg, Verh. D. Phys. Ges. 1914, S 73. — [60]) H. Rohmann, Phys Z. 1914, S 510, 715. — [61]) M. de Broglie u. F. A. Lindemann, C. R., Bd 157, S 924, 1413; Bd 158, S 177, 944, 1493, 1785; J. de Phys. Bd 4, S 265; Verh. D. Phys. Ges. 1914, S 195. — [62]) H. Seemann, Phys. Z. 1914, S 794. — [63]) N. Uspenski, Phys. Z. 1914, S 717. — [64]) W. H. Bragg, Proc. Roy. Soc. London, R (A), Bd 89, S 430, 575. — W. L. Bragg, Proc. Roy. Soc. London, R (A), Bd 89, S 468; Phys. Z. 1914, S 77. — G. Friedel, C. R., Bd 157, S 1533. — L. Föppl, Phys. Z. 1914, S 190. — P. P. Ewald, Phys. Z. 1914, S 399. — R. Glocker, Phys. Z. 1914, S 401. — A. Johnson, Phys. Z. 1914, S 712. — [65]) P. Debye, Ann. Phys., R 4, Bd 43, S 49. — [66]) E. Schrödinger, Phys. Z. 1914, S 79, 497. — [67]) M. v. Laue u. J. St. v. d. Lingen, Phys. Z. 1914, S 75. — [68]) M. v. Laue, JB Radioakt. u. Elektron. 1914, S 308. — W. L. Bragg, JB Radioakt. u. Elektron. 1914, S 346. — [69]) C. G. Barkla, Phys. Z. 1914, S 160. — [70]) O. Hönigschmidt, Z. f. Elektrochem. 1914, S 452; Wien. Anz. 1914, S 36, C. R., Bd 158, S 2004. — [71]) W. Richards u. M. C. Lembert, Journ. Am. Chem. Soc. Bd 36, S 1329; Z. anorg. Chem. Bd 88, S 429. — [72]) F. Soddy u. H. Hymans, Proc. Chem. Soc. Bd 30, S 134; Journ. Chem. Soc. Bd 105, S 1402. — [73]) G. v. Hevesy u. F. Paneth, Phys. Z. S 797. — [74]) J. J. Thomson, Rays of positive Electricity, London 1914. — [75]) K. Fajans, Naturwiss. 1914, S 429, 463, 542, 717.

Elektromedizin und Elektrobiologie.

Von Dr. G. Großmann.

Elektromedizin. Beim Bau elektromedizinischer Apparate hat man sich bisher stets vom Grundsatz leiten lassen, dem Arzt einen Universalapparat in die Hand zu geben, der in möglichst gedrängtem Zusammenbau alle die Mittel in sich vereinigt, die zur Ausübung aller verschiedenen elektrotherapeutischen und elektrodiagnostischen Verfahren erforderlich sind. Solche Apparate sind in der Regel zur gleichzeitigen Behandlung mehrerer Patienten ungeeignet. J. Bergognié[1]) legt nun darauf Gewicht, an mehreren Arbeitsplätzen mehrere Kranke zu gleicher Zeit behandeln zu können. Er baut nach dem Muster von Starkstromverteilungsanlagen eine Zentralanlage und Unterstationen. Die erste enthält alle erforderlichen Stromquellen und die Hilfsgeräte, die zur Erzeugung rhythmisch an- und abschwellender und periodisch gekehrter galvanischer und faradischer Ströme dienen, in sich vereinigt. In der Zentrale befindet sich ferner eine Verteilungsschalttafel, auf der der Anschluß der zu den Behandlungsplätzen führenden Leitungen an die Stromquellen mittels Stöpselschaltern vollzogen werden kann. Von jeder der Stromquellen können gleichzeitig mehrere Verbraucher parallel mit Strom versorgt werden. Die Stromregulier- und -meßgeräte sind auf die Unterstationen verteilt. Auf jedem Behandlungsplatz (Koje) befindet sich eine Schalttafel, auf der diese Apparate übersichtlich angeordnet sind.

Das Jahr 1914 hat in der technischen Ausbildung der Apparate für Elektrodiagnostik und Elektrotherapie — einschließlich der Hochfrequenzapparate und deren wichtigster Abart, der Diathermieapparate — keine wesentlichen Neuerungen gebracht. Erwähnenswert ist nur die Quirinsche[2]) Universal-Augen- und Kopfelektrode für Diathermie.

G. Bourguignon[3]) untersucht die Wirkung elektrischer Ströme auf Muskeln und motorische Nerven, Cluzet[4]) diejenigen von Kondensatorentladungen. Die medizinische Technik bei der Applikation der Diathermie wird durch Arbeiten von G. Bucky[5]), E. Jacobi[6]) (Behandlung des Lupus) und L. Mann[7]) weiter ausgebaut.

Eine wichtige und vom Standpunkte der Meßtechnik sehr interessante Neuerung stellt der Elektrokardiograph der Siemens & Halske A.-G.[8]) dar (Abb. 26). Das lichtschreibende Meßsystem besteht aus einem Drehspulengalvanometer. Dieses weist gegenüber den Meßsystemen der bisher bekannt gewordenen Elektrokardiographen, besonders dem Saitengalvanometer, verschiedene wesentliche Vorteile auf. Der aus zwei Teilen bestehende, gedrungene und handliche Apparat ist mit einer Kontrolleinrichtung versehen, die es ermöglicht, die Dämpfung und die Empfindlichkeit des beweglichen Systems nachzuprüfen. Diese sind veränderbar, um das System zu jeder Zeit unter denjenigen dynamischen Bedingungen arbeiten lassen zu können, deren Einhaltung zur Erzielung einer wahrheitsgetreuen Aufzeichnung der aufzunehmenden Stromkurven erforderlich ist.

Eine neuartige Anwendung hat der Magnetismus in der Elektromedizin gefunden. Um Verwachsungen der Därme mit der Bauchhöhlenwand, die bei den am Darm Operierten leicht eintreten können, zu vermeiden, sucht E. Payr[9]) Bewegungen und Zerrungen der Darmschlingen herbeizuführen. Er führt in die Därme des Patienten einen magnetisierbaren Stoff (Eisenoxyduloxyd-Mahlzeit) ein und läßt auf ihn einen kräftigen Elektromagnet einwirken. Durch Bewegung des Magnets oder durch rhythmische Unterbrechung des Magnetisierungsstromes lassen sich die Därme ruckweise bewegen. Die Abb. 27 zeigt den von der Siemens & Halske A.-G. ausgeführten Elektromagnet.

Röntgentechnik. Auf dem Gebiete des Röntgenröhrenbaues liegt eine bemerkenswerte Erfindung vor, die in Fachkreisen großes Aufsehen erregt hat. Es ist dies die vom Amerikaner W. D. Coolidge ersonnene und im Laboratorium der General Electric Company in Schenectady ausgearbeitete Röntgen-

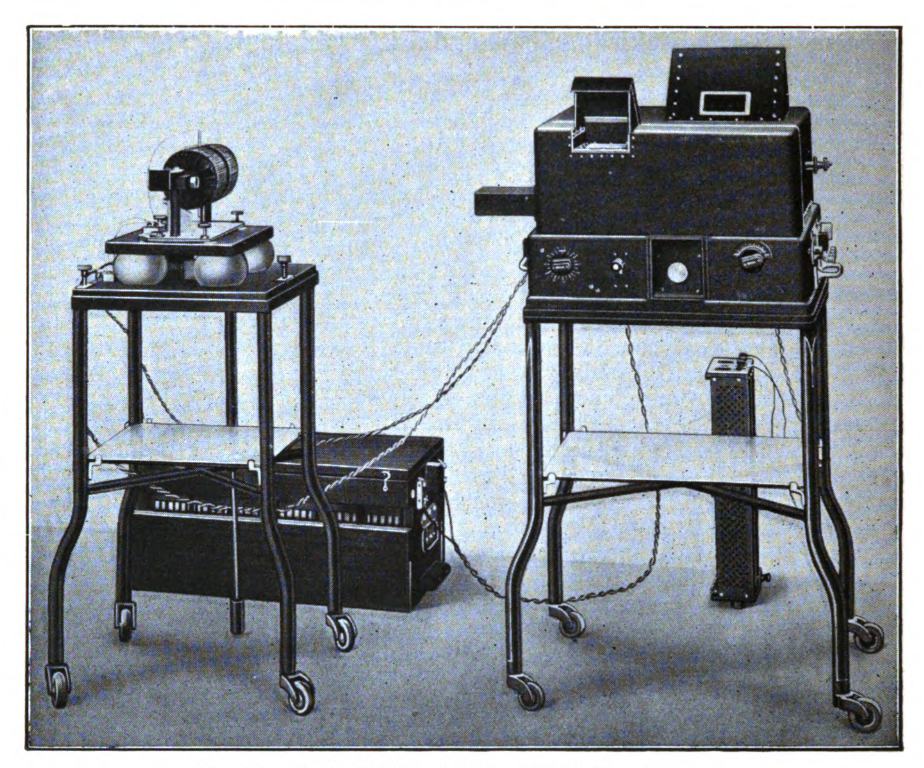


Abb. 26. Elektrokardiograph von Siemens & Halske.

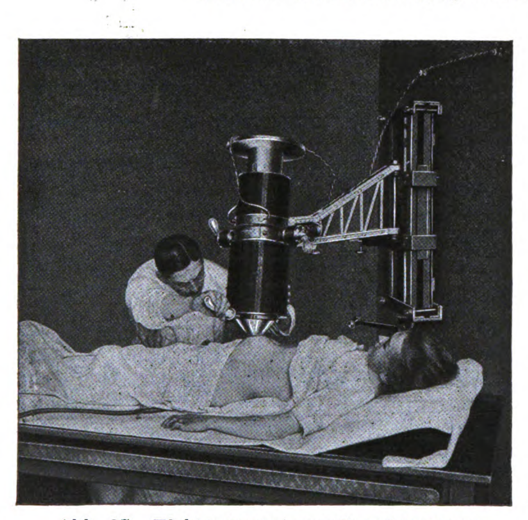


Abb. 27. Elektromagnet zur Darmbewegung.

röhre. — Bei den Röhren der bisherigen Art kommt der Durchgang der Elektrizität durch Stoßionisierung zustande, die durch die in den Gasresten in geringer Anzahl vorhandenen Ionen eingeleitet wird. Die Stoßionisierung vollzieht sich beim Inbetriebsetzen der Röhre um so langsamer, je geringer die Gasdichte (je härter die Röhre) ist. Sinkt die Gasdichte unter ein gewisses Maß, so kommt selbst unter dem Einflusse der höchsten, mit den heutigen Instrumentarien herstellbaren Spannungen keine genügend starke Ionisation der Gasreste zustande, mit anderen Worten: die Röhre spricht nicht an. Es war daher bisher nicht möglich, hochevakuierte Röntgenröhren zu betreiben, bzw. man konnte bei solchen Röhren nur den Durchgang sehr schwacher Ströme erzielen. Eine ersprießliche therapeutische Wirkung in tiefliegenden Organen bei Vermeidung von Schädigungen der die Strahlung auffangenden Hautpartien ist aber nur mittels sehr durchdringender, d. h. sehr harter Röntgenstrahlen möglich. Aus dem Umstande, daß die Erzeugung der negativen

Elektronen auf Stoßionisierung beruht, folgt, daß die mittlere Ionisation, die beim Betriebe mit einer stationären Spannung zustande kommt, ferner sowohl die Intensität wie auch die Härte der von der Röhre gelieferten Röntgenstrahlung Funktionen der Gasdichte sind. Da nun die Metallteile einer Röntgenröhre bei Erwärmung Gas abgeben und umgekehrt bei Abkühlung Gas aufnehmen, so ist der Gasdruck und somit auch der Charakter jeder Röntgenröhre veränderlich. Deshalb ist die Gewinnung von Röntgenstrahlen unveränderlicher Intensität oder unveränderlicher Härte bisher nur bei Aufwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln möglich, jedoch nie sichergestellt gewesen. — Da kam im Jahre 1911 J. E. Lilienfeld[10]) auf die Idee, die Ionisierung der zwischen Antikathode und Kathode befindlichen Gasmenge durch einen von dem die Röntgenstrahlen erzeugenden Vorgang unabhängigen primären Vorgang einzuleiten. Er ordnet innerhalb der Röhre eine Hilfsanode und eine Hilfskathode (Oxydkathode) an, zwischen denen er einen von einem Hilfsinduktor gelieferten Entladungsstrom übertreten läßt. Die Lage der Hilfselektroden ist so gewählt, daß sich diese Primärentladung zwischen der Hauptkathode und der Antikathode oder außerhalb des Dunkelraumes der Primärentladung in weiter Entfernung von der Hauptkathode[11]) in der Nähe der Antikathode vollzieht. Die in der Bahn dieser

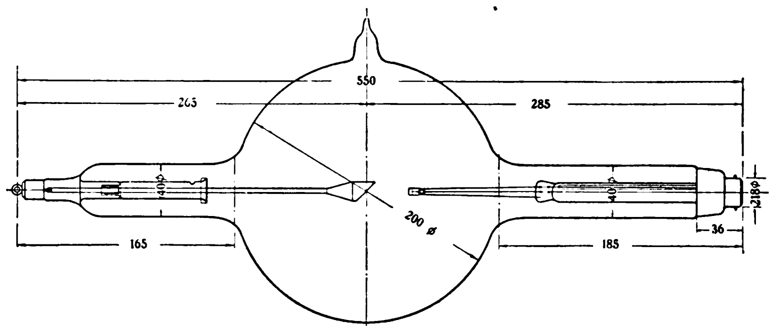


Abb. 28. Röntgenröhre nach Coolidge.

primären Entladung vorhandenen positiven Ionen erfahren in dem zwischen der Antikathode und der Hauptkathode bestehenden elektrischen Felde einen Bewegungsantrieb, sie fliegen gegen die Hauptkathode, ionisieren hierbei das Gas und leiten dadurch die Hauptentladung (Sekundärentladung) ein. Lilienfeld arbeitet bei einer starken Gasverdünnung in der Röhre; ganz missen kann er jedoch das Gas nicht, da er zur Ionisierung positive Ionen benutzt. — Coolidge[12]) geht nun einen Schritt weiter. Er macht sich vom Gasgehalt der Röhre vollkommen frei, denn er löst auf der Kathode durch Thermoionisierung negative Elektronen aus und liefert somit auf unmittelbarstem Wege die Munition, die von der Kathode in Form der Kathodenstrahlen abgeschossen wird. Da er also das Gas zur Auslösung der negativen Elektronen überhaupt nicht benötigt, dieses vielmehr störend wirken kann, so pumpt er die Röhre so weit aus, als dies praktisch irgendwie möglich ist. Als Kathode verwendet er eine innerhalb eines aus Molybdän gefertigten Hohlkörpers angeordnete Wolframspirale, die mittels eines einer Akkumulatorenbatterie entnommenen Stromes auf helle Weißglut erhitzt wird (Abb. 28). Sie sendet hierbei negative Elektronen aus, deren Menge mit der Temperatur schnell anwächst. Die in nur geringem Abstand von der Kathode angeordnete Antikathode ist aus massivem Wolfram gefertigt. Die Stärke des Kathodenstrahlenstromes und somit die Intensität der Röntgenstrahlung ist durch Änderung des Heizstromes der Wolframspirale und die Härte der Röntgenstrahlung durch Regelung der Röhrenspannung veränderbar. Bei höheren Röhrenspannungen sind die Intensität und die Härte voneinander vollkommen unabhängig. Da die Charakteristik der Röhre zeitlich unveränderlich bleibt, so läuft man nicht mehr Gefahr, wie bei den bisherigen Röntgen-

röhren, unbrauchbare Aufnahmen zu erhalten. Die für verschiedene Körperteile zu wählenden Röhrenspannungen, Heizstromstärken und Expositionszeiten lassen sich im voraus festlegen. Erfahrungen über die mit der Coolidgeröhre erzielten Aufnahmen teilt L. C. Cole[13]) mit. Besondere Bedeutung hat die Coolidgeröhre für die Röntgentherapie, da es mit ihr möglich ist, sehr harte Röntgenstrahlen großer Intensität zu erzeugen. Erwähnenswert ist die Arbeit von E. Hupka[14]) über die Coolidgeröhre.

Erwähnt muß werden, daß R. Fürstenau[15]) bereits vor Coolidge die Idee gehabt hat, die ionisierende Wirkung eines innerhalb der Röntgenröhre angeordneten Heizkörpers zur Regelung der Strahlenhärte zu benutzen. Seine Erfindung beruht auf der Wahrnehmung, daß durch Heizung der Antikathode die Strahlung weicher gemacht werden kann. Die von ihm hieraus gezogene Folgerung, daß dies die Folge einer Vergrößerung der Leitfähigkeit sei, ist irrig. Die durch die Heizung der Antikathode bewirkte Thermoionisation ist nicht imstande, den Durchgang der Elektrizität durch die Röhre einzuleiten, da die potentielle Energie der auf der Antikathode erzeugten negativen Elektronen Null ist. Die Erkenntnis, daß der Heizkörper an der Kathode angeordnet sein muß, hat ihm gefehlt.

Aus der Erkenntnis, daß die starke Kühlung der Antikathode zur Erhöhung der Strahlenhärte beiträgt, ergibt sich das Bestreben, Vorrichtungen zur Erzielung einer besonders wirksamen Kühlung der Antikathode zu ersinnen. Lindemann[16]) bildet die Antikathode als den Boden eines Rückflußkühlers aus. Die Firma E. Gundelach läßt gegen die Innenseite der Antikathodenplatte einen Strom kalter komprimierter Luft blasen; C. Göcke[17]) berichtet über die mit diesem Kühlverfahren erzielten guten Erfahrungen. R. Grisson[18]) kühlt mit zirkulierender Luft, die Firma Reiniger, Gebbert & Schall[19]) mit innerhalb vieler Kanäle zirkulierendem Wasser. Dadurch, daß in dem das Kühlmittel enthaltenden Hohlraum Unterdruck erzeugt wird, wird die Siedetemperatur der Kühlflüssigkeit herabgesetzt[20]).

G. Schwarz[21]) gibt eine von der Ferne betätigbare, Cl. Regaud[22]) eine selbsttätig wirkende Osmoregeneriervorrichtung an.

Die von W. v. Wieser ersonnene Präzisionsröhre[23]) zur Erzielung sehr scharfer Röntgenbilder und seine Methode zur Erzeugung paralleler und konvergenter Röntgenstrahlen[24]) stellen wohl sinnreiche Erfindungen dar, dürften jedoch wegen ihres schlechten Wirkungsgrades kaum praktische Bedeutung erlangen.

Von den Neuerungen auf dem Gebiete der Röntgenographie verdienen die folgenden Erwähnung. Die Firma Siemens & Halske hat ihre beiden Verfahren zur Herstellung von Einzelschlagaufnahmen weiter verbessert. Das eine auf die Verwendung von Gleichstrom Bezug habende Verfahren[25]) besteht darin, daß man das Eisen des die Röntgenröhre speisenden Induktors oder Transformators durch plötzliches Umkehren der MMK ummagnetisiert. Der hierbei in der Sekundärwicklung des Transformators entstehende Induktionsstoß bringt die Röhre zum einmaligen, hellen Aufleuchten. Dieses Verfahren wird dahingehend vervollkommnet, daß man den die Ummagnetisierung bewirkenden Strom durch eine Primärwicklung schickt, die eine kleinere Zeitkonstante hat als diejenige Wicklung, deren man sich vor dem Stromumkehren bedient hat[26]). Das zweite Einzelschlagverfahren[27]) hat zur Bedingung, daß man das Transformationsgerät mit Wechselstrom speist. Man schließt den Primärkreis des Transformators für die Dauer einer Halbperiode der Wechselspannung und läßt den hierbei in der Sekundärwicklung entstehenden Induktionsstoß auf die Röntgenröhre, die an die Sekundärspule unter Zwischenschaltung eines Hochspannungsgleichrichters angeschlossen ist, einwirken. Die Neuerung[28]) besteht darin, daß man den Primärkreis in einem Momente schließt, wann die Wechselspannung Null ist, und ihn im Momente des nächsten Richtungswechsels der Spannung öffnet. Dann tritt das bekannte Einschaltephänomen in die Erscheinung, und man erzielt dadurch eine verstärkte Wirkung. —

I. Robinsohn[29]) gibt eine kugelgelenkige Zentriervorrichtung für Röntgenröhren an, die er Röntgensphäroskop nennt. Sie leistet bei Präzisionsaufnahmen des Schädels, der Zähne, des Skelettes u. a. m. gute Dienste. G. Holzknecht[30]) berichtet über verschiedene „Wiener Modelle", von denen die folgenden für die Röntgenographie in Betracht kommen: die sich bei Kompression an alle Körperformen gut anpassende Faszikelblende von Robinsohn, das sehr handliche Schwebekästchen nach Holzknecht und der ebenfalls von diesem angegebene Expositionsschlüssel. Diesem liegt der Gedanke zugrunde, daß alle Aufnahmen, ob das Objekt ein Finger oder ein Becken ist, immer mit der gleichen Röhre und der gleichen Expositionszeit gemacht werden. Er mißt mit einem Objektdickenzirkel die Dicke des abzubildenden Objektes und stellt gemäß dieser mittels des Expositionsschlüssels die Kurbel des vor die Primärspule des Induktors oder Transformators geschalteten Regulierwiderstandes ein. A. Schönfeld[31]) verwendet für alle Arten von Aufnahmen nur zwei verschieden harte Röhren. Für die Bemessung der Expositionszeit ist die Dicke des aufzunehmenden Körperteiles maßgebend. Er hat mit Siemens-Wolframröhren und dem Gleichrichteapparat vorzügliche Ergebnisse erzielt.

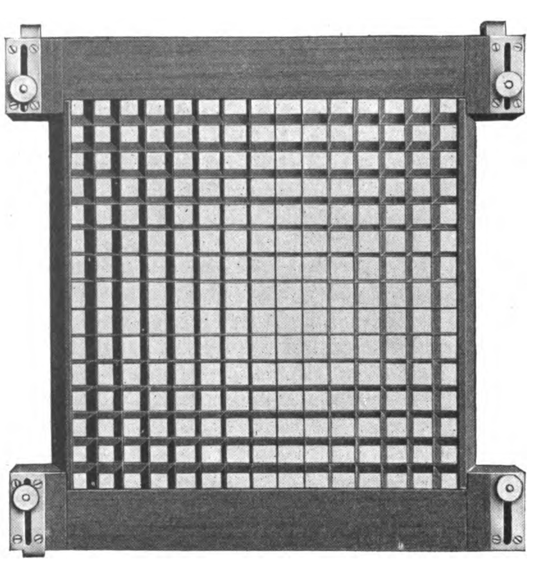


Abb. 29. Wabenblende.

Bekanntlich wird in jedem von Röntgenstrahlen durchsetzten Körper ein Teil der Strahlenenergie nach allen Richtungen gestreut. Die diffus zerstreute Strahlung ist sehr störend, da sie eine starke Verschleierung der Röntgenbilder hervorruft. G. Bucky[32]) hat im Jahre 1912 ein wirksames Mittel gefunden, um die zerstreute Strahlung von der das Röntgenbild auffangenden Schicht fernzuhalten. Er schaltet zwischen diese und den darzustellenden Körper eine aus zwei Systemen sich kreuzender Lamellen zusammengesetzte Wabenblende (Abb. 29). Über die Erfahrungen, die mit dieser von der Firma Siemens & Halske hergestellten Blende erzielt worden sind, berichten Braun[33]) und G. Bucky[34]). G. Holzknecht[35]) bedient sich ebenfalls des Bucky-Effektes bei seinem Durchleuchtungskompressorium, das lediglich aus einem konischen, mit Blei ausgekleideten Holzrohr besteht. — Weitere Hilfsapparate für Durchleuchtungen sind der Löffeldistinktor und der Punktdistinktor nach G. Holzknecht[36]) und das Adaptometer nach G. Bucky[37]), das das Maß der Adaption des Auges an die Dunkelheit im Durchleuchtungszimmer festzustellen gestattet.

Von allen Gebieten der Röntgenologie steht dasjenige der Therapie, insbesondere die Tiefentherapie, im Vordergrunde des Interesses. Erhofft man doch mittels der Röntgenstrahlen den ärgsten Feind der Menschheit, die Krebskrankheit, zu bekämpfen. In bezug auf die Behandlung des Krebses ist die Röntgentherapie in den schärfsten Wettstreit mit der Radium- und Mesothoriumtherapie getreten. Röntgenstrahlen sind ihrem Wesen nach mit den vom Radium oder vom Mesothorium ausgesandten Gammastrahlen identisch und von diesen nur insofern verschieden, als sie weniger durchdringend als diese sind. Da also die Röntgenstrahlen nichts anderes als weiche γ-Strahlen sind, so handelt es sich hierbei nur um die Frage, ob weiche γ-Strahlen oder harte γ-Strahlen eine bessere Heilwirkung haben. E. Bumm[38]) und Warnekros[39]) vertreten

die Ansicht, daß die beiden Bestrahlungsmethoden einander ebenbürtig sind; bei der Bestrahlung mit Mesothorium ist die Gefahr der Schädigung gesunder Gewebeteile größer als bei Röntgenbestrahlungen; die Anschaffungskosten eines Röntgeninstrumentariums sind geringer als diejenigen von Mesothorium. E. v. Seuffert[40]) gibt der Bestrahlung mit Mesothorium insofern den Vorzug, als sie seiner Meinung nach billiger, ihre Technik einfacher als die der Röntgentherapie ist und mit ihr in erheblich kürzerer Zeit stärkere Wirkungen erzielbar sind. Er teilt nicht die Meinung von Bumm, daß die Röntgenstrahlung weniger gefährlich sei. Bei Bestrahlungen von außen zieht er diese vor. Kröning, Gauß, Krinski, Lembcke, Wätjen und Königsberger teilen in einer gemeinsamen Arbeit[41]) folgendes mit: Zwischen der biologischen Wirkung der Röntgenstrahlen und der γ-Strahlen des Mesothoriums besteht kein prinzipieller Unterschied. Vom Standpunkte der Homogenbestrahlung verdient letztere wegen ihres größeren Durchdringungsvermögens den Vorzug. Bei Verwendung von Röntgenstrahlen und einem 3 mm dicken Aluminiumfilter wird man es selbst bei Benutzung vieler Eingangspforten nicht fertig bringen, einen 9 cm unter der Haut liegenden Krebs ohne Gefährdung der Haut zur Rückbildung zu bringen. In solchen Fällen ist die Strahlung des Mesothoriums allein am Platze. Liegt das Karzinom oberflächlich, ist die Röntgenstrahlung ebensogut anwendbar wie das Mesothorium. Man kann tiefliegende Karzinome mit beiden Strahlenarten zur völligen Rückbildung bringen. Die besten Resultate wurden dann erzielt, wenn mit möglichst großen Dosen in möglichst kurzen Intervallen bestrahlt wurde. Sie sprechen im Gegensatz zu Bumm das Wort für die Anwendung großer Mesothoriummengen.

Aus dem Wettlauf der Röntgentherapie mit der Radiumtherapie ergab sich naturgemäß die Aufgabe, sehr harte, möglichst γ-strahlenähnliche Röntgenstrahlen zu erzeugen. Fr. Dessauer[42]) will mit seinem Reformapparat und der Amrhein-Röhre eine Strahlung erzeugt haben, die 10 bis 15mal stärker durchdringungsfähig ist als die bisher erzeugten härtesten Strahlen, und die den γ-Strahlen sehr nahekommen; gemäß seinen späteren Mitteilungen[43]) sollen sie mit der γ-Strahlung zusammenfallen. Er glaubt mit seiner Röntgenapparatur das Radium verdrängen zu können. Doch, wie F. Bahr[44]) durch Versuche bestätigt gefunden hat, besteht zwischen der harten Strahlung Dessauers und den γ-Strahlen noch eine weite Kluft. — P. Cermak und Fr. Desauer[45]) äußern die irrige Ansicht, daß das Spektrum der für Tiefentherapie angewandten Strahlung mit Rücksicht auf die gefahrbringende Sekundärstrahlung des Filters eine möglichst gleichmäßige Energieverteilung aufweisen solle.

Es ist viel über die Frage gestritten worden, ob man mit dem Induktor oder dem Gleichrichteapparat eine für die Tiefentherapie günstigere Strahlung erzeugen könne. Günther[46]) und Bosselmann[47]) finden, daß der Idealapparat (Gleichrichteapparat) von Reiniger, Gebbert & Schall, mit Rhythmeur kombiniert, dem Reformapparat der Veifawerke gleichwertig, und daß der Apexapparat (Induktor) der ersten Firma den anderen beiden Apparaten überlegen ist. Von der Gegenpartei, und zwar von H. Wendt[48]) und H. Kreß[49]), wird gefunden, daß der Reformapparat dem Idealapparat überlegen ist; Fr. Dessauer[50]) bestreitet die Richtigkeit der am Apexinstrumentarium angestellten Versuche. — Wie G. Großmann[51]) ausführt, muß man dann, wenn man einen Vergleich zwischen Induktor und Gleichrichter anstellen will, gleiche sekundliche Impulszahlen annehmen. Unter dieser Annahme ergibt der Induktor eine stärkere Tiefenwirkung als der normale Gleichrichter. Dieser läßt sich aber durch Verkürzung der Segmente für Tiefentherapie wesentlich günstiger machen. Auf diesem Wege ist es sogar erreichbar, daß der Gleichrichter dem Induktor überlegen wird. Bei beiden Apparatearten muß man trachten, die sekundliche Impulszahl möglichst klein zu wählen. Versuche von A. Baxmann[52]) bestätigen dies. — Koch & Sterzel[53]) und die Siemens & Halske A.-G.[54]) treffen bei ihren Gleichrichteapparaten besondere Anordnungen, um nur jede vierte Halbwelle der Wechselspannung nutzbar zu machen.

H. Meyer läßt bei Tiefenbestrahlungen die Röhre hin und her schwingen. Über den von Meyer angegebenen Apparat berichtet B. Eckert[55]).

A. Hörder[56]) und G. Großmann[57]) haben Beiträge zur Kenntnis der Filterwirkung verschiedener Stoffe geliefert. Nach Großmann sind Filter aus Stoffen mittleren Atomgewichtes, wie Silber und Zinn, für Tiefentherapie ungeeignet.

G. Großmann[58]) berechnet die Wirkungen, die sich durch die Sekundärstrahlung in Körperhöhlen eingeführter fester oder in den Körper injizierter, fein verteilter (kolloidaler) Stoffe erzielen lassen.

Von größter Bedeutung für den Röntgentherapeuten ist die Dosimetrie, auf deren Gebiete noch eine Reihe Fragen der Beantwortung harren. Zwischen den mit Sabouraud-Noiréschen Pastillen gewonnenen Meßergebnissen und den mit Kienböckschen Streifen erzielten bestehen große Unstimmigkeiten. Hierüber berichten H. E. Schmidt[59]), Kirstein[60]) und Levy-Dorn[61]). G. Großmann[62]) setzt die physikalischen Gründe dieser Divergenzen auseinander und gelangt zum Ergebnis, daß die physikalisch einwandfreiesten Meßergebnisse die auf iontometrischem Prinzip beruhenden Dosimeter liefern, falls bei deren Bau bestimmte Voraussetzungen eingehalten sind. An zweiter Stelle ist die Sabouraud-Noiré-Pastille zu nennen. Der mit weichen oder mittelharten Strahlen geeichte Kienböckstreifen liefert bei harten Strahlungen falsche Angaben. Großmann beschreibt auch das von H. Greinacher[63]) angegebene Universal-Ionometer der Siemens & Halske A.-G., das so eingerichtet ist, daß man mit ihm die Dosis nach zwei Methoden und außerdem auch noch die Strahlenhärte ermitteln kann. Ein anderes solches Dosimeter hat B. Szilard[64]) angegeben. Er nennt es Iontoquantimeter. Dieses ist in der von Szilard vorgeschlagenen Einheit: Mega-Mega-Ion $= 10^{12}$ Ionen geeicht. Über das von R. Fürstenau konstruierte, auf der durch Röntgenstrahlen hervorgerufenen Widerstandsänderung des Selens beruhende Dosimeter[65]), das sog. Intensimeter, berichten M. Immelmann und Schütze[66]).

Einen Beitrag zur Theorie und Technik der Härtemessung hat Th. Christen[67]) geliefert.

[1]) Bergognié, Arch. d'Électr. Méd. 1914, 2. Hälfte, S 5. — [2]) Quirin, Münch. Med. Woch. 1914, S 1120. — [3]) Bourguignon, Journ. de Rad. et d'Électr. 1914, S 261. — [4]) Cluzet, Journ. de Rad. et d'Électr. 1914, S 121. — [5]) Bucky, Berl. Klin. Woch. 1914, S 72. — [6]) Jacobi, Strahlenther. Bd 4, S 244. — [7]) Mann, Berl. Klin. Woch. 1914, S 791. — [8]) Rautenkrantz, Helios Fachz. 1914, S 273. — [9]) Payr, Münch. Med. Woch. 1913, S 2116; Arch. d'Électr. Méd. 1914, 1. Hälfte, S 131. — [10]) Lilienfeld, DRP 256534, 268107 u. 268598. — [11]) Lilienfeld, DRP 268597. — [12]) Coolidge, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 18; Strahlenther. Bd 5, S 431; Arch. d'Électr. Méd. 1914, 1. Hälfte, S 210; Arch. of the Röntg. Ray 1914, S 359. — [13]) Cole, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 29. — [14]) Hupka, Arch. El. Bd 2, S 430. — [15]) Fürstenau, DRP 271306 u. 274258. — [16]) Lindemann, DRP 272928. — [17]) Göcke, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 21, S 440. — [18]) Grisson, DRP 277194. — [19]) Reiniger, Gebbert & Schall, DRP 278020 u. 280837. — [20]) Reiniger, Gebbert & Schall, DRP 280836. — [21]) Schwarz, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 177. — [22]) Regaud, Arch. d'Électr. Méd. 1914, 1. Hälfte, S 600. — [23]) v. Wieser, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 21, S 637. — [24]) v. Wieser, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 178. — [25]) Siemens & Halske, DRP 262079. — [26]) Siemens & Halske, DRP 269892. — [27]) Siemens & Halske, DRP 263420. — [28]) Siemens & Halske, DRP 279026. — [29]) Robinsohn, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 21, S 625. — [30]) Holzknecht, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 134. — [31]) Schönfeld, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 219. — [32]) Bucky, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 9, S 30. — [33]) Braun, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 152. — [34]) Bucky, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 168; Berl. Klin. Woch. 1914, S 1940. — [35]) Holzknecht, Münch. Med. Woch. 1913, S 2727; Arch. d'Électr. Méd. 1914, 1. Hälfte, S 310; Bucky, Münch. Med. Woch. 1914, S 27. — [36]) Holzknecht, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 134. — [37]) Bucky, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 151. — [38]) Bumm, Berl. Klin. Woch. 1914, S 193. — [39]) Warnekros, Berl. Klin. Woch. 1914, S 198. —

[40]) v. Seuffert, Arch. d'Électr. Méd. 1914, 1. Hälfte, S 552, 610. — [41]) Kröning, Gauß, Krinski, Lembcke, Wätjen u. Königsberger, Dt. Med. Woch. 1914, S 740. — [42]) Dessauer, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 21, S 567; Münch. Med. Woch. 1914, S 989; Ernst u. Dessauer, Strahlenther. Bd 5, S 161. — [43]) Dessauer, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 129, 177. — [44]) Bahr, Strahlenther. Bd 5, S 427. — [45]) Cermak u. Dessauer, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 337. — [46]) Günther, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 21, S 432. — [47]) Günther u. Bosselmann, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 319. — [48]) Wendt, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 21, S 687. — [49]) Kreß, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 21, S 692. — [50]) Dessauer, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 43. — [51]) Großmann, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 261. — [52]) Baxmann, Strahlenther. Bd 4, S 312. — [53]) Koch & Sterzel, DRP 275894. — [54]) Schönfeld, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 420. — [55]) Eckert, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 124. — [56]) Hörder, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 69. — [57]) Großmann, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 182. — [58]) Großmann, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 427. — [59]) H. E. Schmidt, Strahlenther. Bd 4, S 467. — [60]) Kirstein, Strahlenther. Bd 4, S 788. — [61]) Levy-Dorn, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 175. — [62]) Großmann, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 101; Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 170. — [63]) Greinacher, DRP 269436. — [64]) Szilard, Arch. d'Électr. Méd. 1914, 2. Hälfte, S 24. — [65]) Fürstenau, DRP 280709; Arch. d'Électr. Méd. 1914, 1. Hälfte, S 489. — [66]) Immelmann u. Schütze, Verh. d. Dt. Röntgenges. Bd 10, S 174. — [67]) Christen, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg. Bd 22, S 247.

XVIII. Erdstrom, atmosphärische Elektrizität, Blitzableiter und Blitzschläge.

Von Prof. Dipl.-Ing. Sigw. Ruppel.

Arbeiten über die Entstehung der Luftelektrizität nehmen auch in diesem Jahre in den Zeitschriften einen breiten Raum ein, und die Simpsonsche Gewittertheorie wird weiter diskutiert. Es wird ihr aber eine wesentliche Stütze entzogen durch die Beobachtungen im Radiologischen Institut Heidelberg[1]), da man dort durch Untersuchungen, bei denen es gelang, die Versuchsfehler zu vermeiden, feststellte, daß der Abreißeffekt bei der Tropfenbildung Null ist, und daß der Auffalleffekt mit Verkleinerung der Tröpfchen ansteigt. Dem Abreißeffekt war demnach in der Simpsonschen Theorie eine Rolle zugeschrieben, die er nicht haben kann, und wenn nicht neue Argumente beigebracht werden, so ist dieser unzweifelhaft elegant aufgebauten Theorie ihre Hauptstütze genommen. Auch O. Lodge[2]) beschäftigt sich in der vor dem Inst. of El. Eng. gehaltenen fünften Kelvinvorlesung mit einer Gewittertheorie, die sich auf die Annahme gründet, daß die Sonne elektrisch geladene Teilchen in den Raum aussendet. Diese von der Sonne kommenden positiven Teilchen gelangen in die Tropen und die Elektronen durch magnetische Ablenkung an die Pole, dort auch das Nordlicht erzeugend. Die beiden Elektrizitäten vereinigen sich durch Ströme in den oberen Erdschichten und durch die Atmosphäre. Die obersten Schichten der Atmosphäre behalten positive Ladungen, der Regen führt negative Ladungen. Lodge bringt auf Grund seiner theoretischen Betrachtungen Vorschläge zur künstlichen Erzeugung von Regen mittels geladener Staubteilchen, die aber zunächst praktisch nicht durchführbar sein dürften.

Über die Schallvorgänge bei Blitzschlägen hat Schmidt[3]) eingehende messende Untersuchungen angestellt und daraus eine Reihe interessanter Schlüsse gezogen. Er bestimmte mittels geeichter, die Schallwellen aufnehmender Apparate die in dem Donner enthaltene Energie und fand hierfür ungefähr den Betrag von 22000 mkg; ein Betrag, der zwar als Schallenergie groß ist, aber verhältnismäßig stark hinter der Blitzenergie zurückbleibt. Als Erklärung für das Rollen des Donners kann der auf den verschiedenen Strecken der Blitzbahn vorhandene, verschiedene Widerstand, der auch Verschiedenheit in den Energie-

mengen veranlaßt, nur unwesentlich in Betracht kommen, das Hauptmoment wird in den Störungsverhältnissen der Luft gesehen, da auch bei Beobachtungen von Explosionswellen ähnliche Erscheinungen auftreten. Eine Bestätigung hierfür wird auch darin gefunden, daß im allgemeinen weiter entfernte Blitze das Rollen in höherem Maße zeigen.

Süring[4]) beschreibt einen interessanten Blitzschlag, bei dem ein Regenschirm durchschlagen, eine Speiche losgerissen und dem Träger des Schirmes ein Loch von 4 · 4 cm in die Schuhsohle gebrannt wurde, ohne daß der sehr stark naßgeregnete Schirmbesitzer selbst irgend etwas gespürt hat. Es ist allerdings anzunehmen, daß der Hauptschlag in die neben der Straße führenden Leitungen gegangen ist. Der Fall beweist, wie Süring bemerkt, wiederum die relative Unschädlichkeit gut abgeleiteter sekundärer Blitzentladungen und die Wichtigkeit eines großflächigen Blitzschutzes.

Daß auch bei Bäumen vielfach aus ähnlichen Gründen (nasse Rinde) keine Beschädigung stattfindet, hat Stahl dargetan, und Peter[5]) bringt eine Reihe Baumbeschädigungen, die sich besonders bei Fichten zeigen und wahrscheinlich wegen der flächigen Ausbreitung des Blitzes im Boden ganze Fichtengruppen zum Absterben bringen. Ich selbst habe Fälle gesehen, bei denen nur eine Fichte äußere Blitzspuren aufwies und doch viele benachbarte Fichten, wahrscheinlich wegen geschädigter Wurzeln, eingingen.

Zu der viel umstrittenen Frage über den oszillatorischen Charakter der Blitzentladungen kommt Mayer[6]) auf Grund eigener langjähriger Beobachtungen zu dem Schluß, daß infolge der außerordentlich verschiedenen Bedingungen für das Entstehen und den Verlauf der Blitze neben den gleichgerichteten, von Walter untersuchten, auch oszillatorische Entladungen möglich seien. Eine umfangreiche experimentelle Arbeit über das gleiche Thema hat Deblois[7]) durchgeführt, indem er mittels eines Oszillographen die in geerdeten Luftdrähten durch Blitze induzierten Entladungen untersuchte. Er kam dabei zu dem durchaus nicht überraschenden Resultat, daß es sich um gleichgerichtete Entladungen handele, die als Welle mit ganz steiler Wellenfront verlaufen und dann ausklingen. Der Oszillograph hätte, wie in der Diskussion vor dem Am. Inst. El. Eng. betont wurde, Hochfrequenzschwingungen überhaupt nicht registrieren können, aber sein Verhalten ließ auch nicht darauf schließen, daß sie aufgetreten sind. Leider ließ sich Deblois auch dazu verführen, Funkenversuche an entsprechend reduzierten Hausmodellen zu machen und daraus weitgehende Schlüsse für die Konstruktion von Gebäudeblitzableitern zu ziehen, deren Berechtigung stark anzuzweifeln ist. Auch Elihu Thomson betonte in der Diskussion, daß er sehr wenig Zutrauen zu den Versuchen mit so kleinen Apparaten habe. So habe z. B. Lodge, der einer Metallplatte als Wolke verschiedene Metallstäbe gegenüberstellte, geschlossen, daß Eisen besser für Blitzableiter geeignet sei als Kupfer, weil die auf das Kupferstäbchen übergehenden Funken stärker waren. Thomson stellt sonst fest, daß die bei der Untersuchung gewonnenen Resultate, daß man es beim Blitz mit einer gleichgerichteten Entladung zu tun habe, mit seiner stets geäußerten Ansicht übereinstimmen, wenn auch vielleicht in einzelnen Teilen der Blitzbahn, wie auch Creighton anführte, Oszillationen vorkommen können. Diese Ansicht dürfte auch in der deutschen Elektrotechnik schon seit Jahren die herrschende sein.

In Frankreich wurde noch weiter an der Verbreitung der sehr hypothetischen Hagelableiter gearbeitet, und schon wieder taucht eine für den praktischen Gebrauch bestimmte Erfindung auf, die merkwürdigerweise auch bei uns verschiedentlich kritiklos gewertet wurde, obwohl sie nur theoretisches Interesse besitzt. Violle[8]) berichtet vor der Akademie der Wissenschaften über den naheliegenden Vorschlag, Blitzableiter durch Spitzen mit radioaktiven Stoffen zu verbessern, und berührt dabei die wirtschaftliche Seite überhaupt nicht.

Als Erweiterung seiner in der Zwischenzeit von den maßgebenden Behörden anerkannten Ausführungsbestimmungen zu den Leitsätzen hat der VDE[9]) noch besondere Ausführungsbestimmungen über Blitzableiter für Fabrikschorn-

steine, Kirchen und Windmühlen angenommen, während die vom Ausschuß entworfenen Bestimmungen über Eisenbetonbauten noch weiter bearbeitet werden sollen. Die letztere Frage behandelt Ruppel[10]) ausführlich in einem Vortrag vor dem Deutschen Beton-Verein. Er kommt auf Grund der Beobachtungen bei Blitzschlägen und angestellter Versuche zu der Ansicht, daß die im Eisenbeton vorhandenen Eisenmassen leicht so ergänzt werden können, daß besondere Blitzableiter bei Eisenbetongebäuden in der Regel überflüssig sind. Berechnungen über die in einem solchen Gebäude vorhandenen Eisenmassen unterstützen diese Anschauung.

Auch ein von Perrine[11]) beobachteter und genau beschriebener Blitzschlag in ein Eisenbetongebäude scheint sehr für die Blitzsicherheit solcher Gebäude zu sprechen.

Daß in den letzten Jahren als Fortsetzung der Findeisenschen Bestrebungen sich immer mehr die Erkenntnis der Notwendigkeit billiger, den Gebäuden angepaßter Blitzschutzanlagen Bahn bricht, zeigt sich durchweg auch in den neu erscheinenden Schriften. So behandelt Braun[12]) in einem Buch für Handwerker die wichtigsten Konstruktionen und den Umbau älterer Anlagen nnd zeigt, daß man auch in Österreich durch Handwerkskurse den einfachen Blitzableiterbau fördert.

Für die Schweiz bringt die sich besonders an Architekten und Hausbesitzer wendende Schrift von Koestler[13]) den Beweis für ähnliche Bestrebungen in klarer und übersichtlicher Form.

Besonders einfache Bestimmungen hat der Kanton Solothurn getroffen, der vorschreibt: Die mindeste Anforderung besteht darin, daß das Gebäude eine zusammenhängende metallische Leitung besitzt, die von den obersten Teilen des Gebäudes, d. h. den mutmaßlichen Einschlagstellen, bis zur Erde reicht und mit den im Gebäude vorhandenen Gas-, Wasser- und Heizungsleitungen in Verbindung gebracht ist.

Die Schrift „Vereinfachte Blitzableiter"[14]) erscheint unter besonderer Berücksichtigung der Erläuterungen und Ausführungsvorschläge des VDE in dritter Auflage.

[1]) Aganin, Ann. Phys. R 4, Bd 45, S 1003. — [2]) Lodge, Electr. (Ldn.) Bd 72, S 892. — [3]) Schmidt, Meteor. Zschr. 1914, S 487. — [4]) Süring, Meteor. Zschr. 1914, S 90. — [5]) Peter, Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen 1913, S 539. — [6]) Mayer, Met. Zschr. 1913, S 417. — [7]) Deblois, Proc. Am. Inst. El. Eng. 1914, S 563. — [8]) Violle, Comptes rend. Bd 158, S 695. — [9]) ETZ 1914, S 519. — [10]) Deutsch. Bauztg. 1914, S 43. — [11]) Perrine, Science 1914, S 513. — [12]) Braun v. Braunthal, Herstellung u. Prüfg. v. Gebd.-Blitzableitern, Deuticke, Wien. — [13]) Koestler, Blitzgefahr u. Blitzschutz, Langlois, Burgdorf. — [14]) Ruppel, Vereinfachte Blitzableiter, Springer, Berlin.

Alphabetisches Namenverzeichnis.

ä, ö, ü und ae, oe, ue mit stummem e gelten in der Ordnung für a, o, u.

Alphabetisches Sach- und Ortsverzeichnis.

